

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU S TRÍOSÝMI MANIPULÁTORY GÜDEL NA LINCE TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ

OPTIMIZATION OF THE MANUFACTURING PROCESS WITH THREE-AXIS MANIPULATORS
GÜDEL ON HEAT TREATMENT ROUTE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JOZEF ZICH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. TOMÁŠ MARADA, PH.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jozef Zich

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizace výrobního procesu s tříosými manipulátory Güdel na lince tepelného zpracování

v anglickém jazyce:

Optimization of the manufacturing process with three-axis manipulators Güdel on heat treatment route

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Linka na tepelné zpracování hliníkových výkovků v Alcan Strojmetal Aluminium Forging, s.r.o. je tvořená třemi plošnými tříosými manipulátory Güdel s pohony a frekvenčními měniči Lenze, šesti elektrickými šachtovými pecemi typu CAK 27.14.20/2,5 a osmi vstupními a výstupními řetězovými dopravníky pro přepravu palet s hliníkovými výkovky mezi prostorem skladu a prostorem pecí.

Cílem práce je analyzovat současný stav řídicího softwaru u programovatelného automatu Siemens řady SIMATIC S7-300 s CPU 315-2 PN/DP, provést systémovou analýzu celého procesu tepelného zpracování a provést optimalizaci jak samotného procesu tepelného zpracování tak i některých softwarových modulů.

Cíle diplomové práce:

1. Seznámit se se softwarem a řízením linky tepelného zpracování pomocí PLC S7-300 s CPU 315-2 PN/DP.
2. Navrhnout a realizovat úpravy v SW s cílem optimalizace procesu tepelného zpracování.
3. Ověřit funkčnost a výsledky optimalizace řízení na lince tepelného zpracování v Alcan Strojmetal Aluminium Forging, s.r.o.
4. Aktualizovat návod k obsluze linky po implementaci výše uvedených SW změn.

Seznam odborné literatury:

- [1] Šmejkal, L., Martinásková, M., PLC a automatizace, Praha: BEN, 1999.
- [2] Firemní materiály o programovatelných automatech fy Siemens pro Simatic S7-300.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 27.11.2012

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práca vznikla na žiadosť firmy ICE industrial services zabezpečujúcej firme Alcan Strojmetal Aluminium Forging, s.r.o., správu a vývoj software pre PLC.

Cieľom práce bolo analyzovať software riadenia linky tepelného spracovania hliníkových výkovkov. Následne navrhnúť a realizovať úpravy v software riadenia. Tieto funkcie overiť. A nakoniec pripísať možnosti ovládania do návodu pre obsluhu linky.

ABSTRACT

This diploma thesis was created for company ICE industrial services which develops and manages PLC software for company Alcan Strojmetal Aluminium Forging, s.r.o..

The purpose of thesis is analyze software for control line of thermal processing of aluminium forgings, design and implement modifications in control software, check functions and finally wrote control of new modifications in manual.

KLÍČOVÁ SLOVA

PLC, STEP 7, Siemens, Simatic, Güdel, ProfiBUS, ProfiNET, Lenze, manipulátor, dopravník.

KEYWORDS

PLC, STEP 7, Siemens, Simatic, Güdel, ProfiBUS, ProfiNET, Lenze, forklift, conveyor.

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu spracoval samostane pod vedením Ing. Tomáša Maradu, Ph. D. a použil som len literatúru uvedenú v bibliografii.

Máj 2013

Bc. Jozef Zich

.....

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Zich, J. Optimalizace výrobního procesu s tříosými manipulátory Güdel na lince tepelného zpracování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 63 s. Vedúci diplomovej práce Ing. Tomáš Marada, Ph. D..

Obsah:

	Zadání závěrečné práce.....	3
	Abstrakt.....	5
	Prohlášení o originalitě.....	7
1	Úvod.....	11
2	PLC.....	13
2.1	Delenie PLC	13
2.1.1	Základné rozdelenie	13
2.1.2	Rozdelenie podľa centralizovanosti.....	13
2.2	Architektúra PLC.....	14
2.3	Spracovanie programu.....	14
2.4	Programovacie jazyky.....	15
2.4.1	Programovacie jazyky podľa normy IEC 61131-3.....	15
2.4.2	Nadstavbové programovacie jazyky.....	16
2.5	Výrobcovia PLC.....	16
2.5.1	Siemens SIMATIC.....	17
2.5.2	Programovateľné logické automaty Siemens.....	17
2.5.3	Siemens SIMATIC S7-300.....	19
2.5.4	Moduly SIMATIC.....	19
2.6	Softwareová výbava.....	21
2.6.1	Vývojové prostredia pre programovanie PLC Siemens SIMATIC	21
2.6.2	Nástroje STEP 7.....	22
2.6.3	Bloky v prostredí STEP 7:.....	23
3	Komunikácia.....	27
3.1	Profibus.....	27
3.1.1	Štruktúra.....	28
3.1.2	Prenosové vrstvy protokolu	28
3.1.3	Varianty.....	28
3.1.4	Integrácia Profibus DP.....	28
3.1.5	Aplikačné profily.....	29
3.2	Profinet.....	29
3.2.1	Profinet IO.....	29
3.2.2	Profinet CBA.....	29
4	Popis linky.....	31
4.1	Všeobecný popis linky.....	31
4.2	Funkcia linky.....	31
4.3	Funkcia jednotlivých častí linky.....	33
4.3.1	Veľký manipulátor – VM.....	33
4.3.2	Malý manipulátor 1 – MM1	33
4.3.3	Malý manipulátor 2 – MM2.....	34
4.3.4	Reťazové dopravníky.....	34
4.3.5	Pece.....	34
4.3.6	PLC.....	34
4.3.7	Vizualizačné PC.....	34
4.3.8	PC pre sledovanie linky.....	34
4.4	PLC a k nemu pripojené prvky.....	35
4.4.1	Zariadenia pripojené k PLC	35
4.4.2	Pripojenie zariadení na Profibus.....	36
4.4.3	Pripojenie zariadení na Profinet.....	38
5	Program linky.....	39
5.1	Analýza programu.....	39
5.1.1	OB1.....	39

5.1.2	FC2.....	41
5.1.3	FC5 - Stavy automatu VM.....	41
5.1.4	FC8 a FC9 Stavy automatu MM1 a MM2.....	43
5.1.5	FC3 – vstupné podmienky veľkého manipulátora.....	44
5.1.6	FC4, FC24 – vstupné podmienky pre MM1 a MM2.....	45
5.1.7	FC11 – vstup na dopravník IN12 pre VM.....	45
5.1.8	FC13 – výstup z dopravníka OUT12 pre VM.....	46
5.1.9	FC21 – vstup na dopravník IN34 pre VM.....	46
5.1.10	FC22 – výstup z pece na dopravník OUT34 pre VM.....	46
5.1.11	FC150 – vstup do skladu pre VM.....	46
5.1.12	Funkcie pohybov VM FC255 - FC272.....	46
5.1.13	Vstupy a výstupy do a z pecí manipulátormi MM1 a MM2.....	46
5.1.14	RÉŽIA VM.....	47
5.1.15	FC600, FC700, FC800 – riadenie pohybov pre VM, MM1 a MM2	47
5.1.16	FB 5, FB6, FB7, FB8, FB9 riadenie frekvenčných meničov osí, úchopu a otočenia VM.....	47
5.1.17	DB300 – pole pozícií skladu VM.....	47
5.1.18	DB116 až DB119 a DB124 až DB127 pozície dopravníkov.....	48
5.1.19	DB301 a DB311 pozície v priestore malých manipulátorov.....	48
5.1.20	FC801 Bezpečnosť VM.....	49
5.1.21	FC1200 plánovanie.....	49
5.1.22	DB Plány trás.....	49
5.1.23	Súradnice.....	49
5.1.24	Dátové bloky s poradím.....	49
5.1.25	Trasa komunikácie s frekvenčnými meničmi.....	50
5.2	Doplnenie funkčnosti programu.....	51
5.2.1	Presun koša v priestore skladu.....	51
5.2.2	Oprava času chladnutia.....	55
5.2.3	Rozdelenie skladového priestoru.....	57
6	Záver.....	59
	Seznam použité literatury.....	61
	PŘÍLOHY.....	63

1 ÚVOD

Automatizačná technika v dnešných dňoch už nie je záležitosťou luxusu bohatých firiem s masívnou výrobou, ale bežnou záležitosťou, s ktorou sa všetci stretávame v každodennom živote a ani si to mnohokrát neuvedomujeme. Prostriedky automatizácie sa rozšírili z veľkých automatizovaných liniek do menších, jednotlivých strojov, budov, ba i do modernejších domácností. Existujú rôzne vyhotovenia a možnosti ako, ktorú úlohu riešiť a automatizovať. V súčasnej dobe je vyrábaná ohromná paleta automatizačných prostriedkov od senzorov, cez kompaktné účelové zariadenia, regulátory, až po výkonné pre riadenie nadradených systémov celých liniek, závodov, budov. Ďalším trendom je možnosť kontroly a získavania dát čoraz prístupnejším spôsobom, zariadenia vedia komunikovať a byť ovládané, či upravované po lokálnych sieťach, pripojiť sa do siete internet. Tiež umožňujú zbierať dáta do databáz, na základe ktorých je možnosť vyhodnocovania ako samotných zariadení, tak aj celkov do ktorých sú pripojené.

Výhody, ktoré ponúka automatizovanie, sú ďalekosiahle. V priemysle umožňuje takmer nepretržitú výrobu s minimálnou potrebou obsluhy, ktorá je najmä pre kontrolu či servis. Ďalej umožňuje výrobu v prostrediach, ktoré sú nevhodné pre prácu personálu, či už nebezpečné chemické prevádzky alebo výbušné prostredia, kedy je možné výrobu uzavrieť do miestností či buniek, kde sa bude vyrábať bez prítomnosti ľudí.

Samotnou kapitolou automatizácie sú programovateľné automaty ako univerzálne nástroje pre riešenie úloh v rôznych úrovniach obtiažnosti a rozľahlosti. Ponúkajú nepreberné množstvo vyhotovení a možností kontroly. V dnešnej dobe PLC nie sú len digitálne vstupy a výstupy, ktoré nahrádzujú reléovú logiku, ale zvládnu PID reguláciu, riadenie pohybov motorov, komunikovať na rôznych zberniciach, obsluhovať web server, fuzzy riadenie, vyššie programovacie jazyky a mnoho ďalšieho. Dajú sa k nim pripojiť užívateľské rozhrania v podobe rôznych ovládačov, dotykových obrazoviek s vizualizáciou a tiež počítače so sofistikovanou vizualizáciou, zberom údajov do databázy, poprípade aj dodatkovým riadením.

Cieľ práce je nastudovať riadiaci software linky tepelného spracovania hliníkových výkovkov vo firme Alcam Strojmetal Aluminium Forging, s.r.o. Na základe štúdia potom navrhnúť a spracovať, či optimalizovať riadenie linky.

Linka má riadenie zložené z viacerých zariadení. Je to počítač s vizualizáciou, ktorý zasahuje do procesu tepelného spracovania, regulátory ovládajúce a kontrolujúce priebeh teplôt pecí, PLC Simatic S7-300 firmy Siemens, ktoré ovláda manipulátory, dopravníky, niektoré časti pecí, bezpečnosť na linke.

Práca sa zaoberá len časťou riadenou programovateľným automatom, a to najmä riadením vykonávania pohybov najväčšieho manipulátora od firmy Güdel, ktorý operuje v priestore skladu, kde sú umiestnené vstupné a výstupné oblasti pre príchod a odchod výrobkov zo skladu a tiež na spracovanie.

Prvá časť práce sa zaoberá úvodom do programovateľných automatov po hardwarovej i softwarovej stránke, postupne sa zameriava na konkrétne zariadenia a software Siemens Simatic, ktorý je použitý v práci.

Druhá časť je úvod do komunikácie využívanej v priemyselnej sfére. Je uvedený prehľad typov zberníc, ktoré sú používané. Špeciálna pozornosť je venovaná zbernici ProfiBUS a o niečo menej aj ProfiNET. Obe tieto zbernice sú použité pre komunikáciu zariadení v linke tepelného spracovania, každá za svojím špecifickým účelom.

Najväčšia časť práce analyzuje program programovateľného automatu linky. Od počiatku programu v bloku cyklického spracovania, cez automatizované riadenie pohybov, ovládanie manipulátorov, prácu a presun dát košov výkovkov, prácu so súradnicami potrebnými k presunom. Tiež zisťuje celkovú šírku záberu riadenia PLC na celú linku.

Na konci sú popísané doprogramované funkcie veľkého manipulátora a to: presun koša z jedného miesta na druhé v sklade, hľadanie pozície pre vstup nového koša a úprava času chladnutia koša na sklade.

2 PLC

Programmable Logic Controller, teda Programovateľný automat je počítač usposobený pre chod „real time“ (pracujúcich v skutočnom čase) aplikácií najmä v priestore priemyslu. Medzi základné rozdiely oproti štandardnému počítaču patrí cyklické spracovanie, použitie periférií k ovládaniu procesov v priemysle. Najmä digitálnych vstupov, digitálnych výstupov, analógových vstupov a výstupov na prácu so spojitými veličinami väčšinou s prúdom alebo napätím, ale i špecifickejšie, napríklad pre odporový teplomer. Tiež je možnosť používania periférií pre komunikáciu, reguláciu, krokové motory a veľa ďalších, pričom sa možnosti a vyhotovenia sa líšia od výrobcu. Oproti PC musí PLC pracovať v reálnom čase, nemôže vyčkávať na dlhý štart operačného systému, zisťovať pripojený hardware, mal by zvládnuť náhly výpadok napájania. Systémy, ktoré používajú PLC zariadenia majú nakonfigurovaný hardware pri nahrávaní programu do CPU jednotky, pamäť má jednoznačne rozdelenú, nie je prideľovaná podľa aktuálnych potrieb.

Boli vyvinuté ako náhrada za využívanie reléovej logiky, teda jednoduché logické operácie. V súčasnej dobe zvládnu oveľa náročnejšie aplikácie ako spracovanie spojitého signálu, komunikáciu s PC, matematické operácie. Je ich možno spájať do sofistikovaných sietí, ktoré nemusia obsahovať len programovateľné automaty, ale aj PC, rôzne zobrazovacie a ovládacie zariadenia. Možno ich nájsť vo veľmi širokom spektre použitia, od výťahov, cez roboty až po elektrárne.

Programovateľné automaty boli pôvodne programovateľné v jazyku LAD (Ladder diagram) – jazyk kontaktných schém, momentálne existuje celá škála jazykov (FBD, SFC, STL...). Najpopulárnejší výrobcovia sú Siemens, najmä v Európe, v spojených štátoch je to Allen Bradley/Rockwell Automation a veľa ďalších.

2.1 Delenie PLC

2.1.1 Základné rozdelenie

Kompaktný systém

Modul zastrešuje CPU, vstupy, výstupy, základnú komunikáciu a napájanie v jednom celistvom zariadení. Dnes sa toto vyhotovenie využíva v jednoduchších aplikáciách, ktoré má dopredu známy potrebný počet vstupov, výstupov, komunikačných potrieb, ktoré sa nebude časom meniť, najmä zvyšovať. Pre zložitejšie aplikácie a potreby zmien neposkytuje výhodné riešenie. Vhodný najmä pre riadenie jednoúčelových strojov, ktoré môžu, ale aj nemusia byť zaradené do väčšieho celku.

Modulárny systém

Systém je rozdelený do menších častí, ktoré zastávajú špecifickú úlohu. Tieto časti sa nazývajú moduly. Moduly môžu obsahovať CPU, vstupy, výstupy, komunikačné kanály, ovládanie špecifických zariadení,... Ich hlavnou výhodou je prispôsobenie podľa potreby pre špecifickú aplikáciu a pri zmene požiadaviek alebo podmienok jednoduché prispôsobenie pridaním, odobraním, alebo zamenením modulov. Ich nevýhodou je redundancia vstupov, výstupov a rozhraní. Tento nedostatok je vyvážený jednoduchou obmenou a tiež výhodnou cenou.

2.1.2 Rozdelenie podľa centralizovanosti

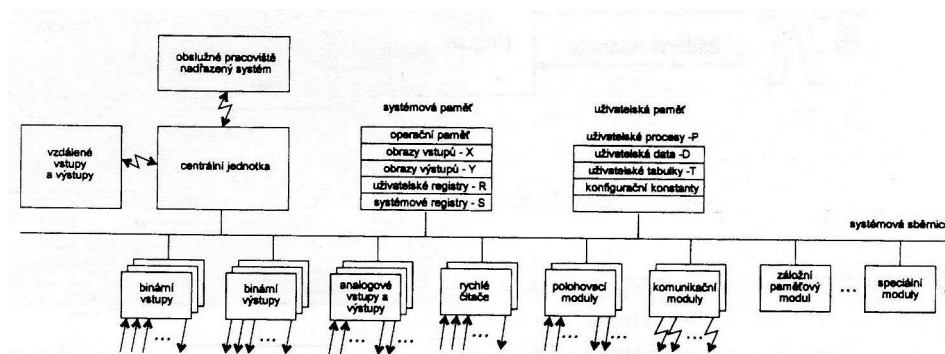
Centralizované PLC

O centralizovanom PLC sa hovorí vtedy, keď je zostava (PLC s modulmi) umiestnená v rozvádzači.

Decentralizované PLC

Decentralizované PLC je vtedy, keď sú rôzne časti umiestnené fyzicky inde. Existujú rôzne stupne decentralizácie, keď sú len vstupy mimo celok, tiež riadenie môže byť oddelené, systém je rozdelený do častí. Časti medzi sebou komunikujú pomocou zberníc.

2.2 Architektúra PLC



Obr. 1 Bloková schéma vnútornej štruktúry PLC[1]

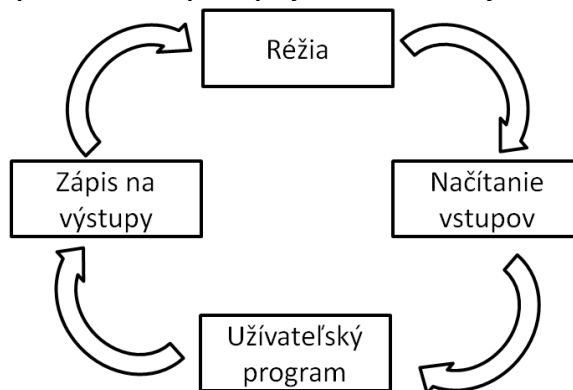
Architektúra je podobná architektúre počítača. Obsahuje 16 bitovú alebo 32 bitovú zbernicu na ktorej je umiestnené CPU a ďalšie časti PLC. Služi na komunikáciu medzi jednotlivými časťami a CPU. Základom je jednotka CPU, doplnená o systémovú a užívateľskú pamäť.

Operačná pamäť je tvorená vstupnými a výstupnými dátami, vnútornými premennými, pamäťou pre vlastný program, systémovými funkciami a funkciami užívateľskými.

„Skutočné vyhotovenie sa môže odlišovať. Pri modulárnych PLC sú počty a kombinácie vstupných, výstupných a špeciálnych modulov (jednotiek) voliteľné v širokom rozsahu, podľa potreby aplikácie. Pri najjednoduchších systémov kategórie „mikro PLC“ býva kombinácia vstupov a výstupov nemenná alebo variabilná vo veľmi obmedzenom rozsahu“[1]

2.3 Spracovanie programu

Program sa vykonáva cyklicky, pričom zapisovanie výstupov a čítanie vstupov prebieha v čase pred a po spracovaní užívateľského programu pomocou obrazov procesu. Obrazy procesu sú miesta v operačnej pamäti, kde sa zapisuje stav vstupov a výstupov z modulov, s ktorými sa následne pracuje ako zo samotnými vstupmi a výstupmi, čo zabezpečuje jednoznačnosť ich stavu v priebehu vykonávania cyklu programu. Teda na zmeny stavov vstupov a výstupov v priebehu programu sa nereaguje. Tento spôsob tiež napomáha rýchlosti behu programu, kedy by sa muselo pri každom dotázaní a zapisovaní pracovať s modulmi. Zabrало by to určitý čas, ktorý by bol rádovo väčší než len skontrolovanie stavu bitu v pamäti. Tento princíp využíva väčšina výrobcov PLC, ak nie všetci.



Obr. 2 Vykonávanie programu

Existujú výnimky kedy je potrebné v priebehu cyklu zisťovať stavy vstupov a výstupov z modulov aktuálne, pre tieto prípady existujú naprogramované funkcie, avšak sa jedná o viac než výnimočné prípady, hovorí sa im „rýchle vstupy a výstupy“.

Cyklus má obmedzenú dĺžku trvania, ide o čas cyklu, ak ju prekročí, je vyhlásená chyba. Táto dĺžka je nastavovaná automaticky, avšak je modifikovateľná v hardwarovej konfigurácii programovateľného automatu. Je závislá na komplikovanosti programu, množstve a typu používaných modulov.

Program sa vykonáva celý v jednom cykle. Môže byť prerušený a následne vrátený do pokračovania či znovu spustený.

2.4 Programovacie jazyky

Existuje viacero jazykov v ktorých je umožnené programovať PLC zariadenia. Ako štandard existuje mezinárodná norma (IEC – International Electrotechnical Commission) IEC 61131, ktorá sa štandardizuje programovateľné logické automaty. Väčšina výrobcov sa tejto normy drží, alebo ju používa s drobnými úpravami. V tretej časti tejto normy IEC 61131-3 sa nachádza definícia programovacích jazykov PLC.

2.4.1 Programovacie jazyky podľa normy IEC 61131-3

Norma IEC 61131-3, definuje 5 programovacích jazykov pre PLC:

- IL Zoznam inštrukcií (Instruction list), textový
- FBD Funkčná bloková schéma (Function block diagram), grafický
- LAD, LD Jazyk kontaktných (reléových) schém, grafický
- ST - Štruktúrovaný text (Structured text), textový
- SFC - Jazyk sekvenčných diagramov (Sequential function chart)

IL – Instruction list – zoznam inštrukcií

Simatic označenie: STL Statement list

Nemecky: Anweisungsliste AWL

FBD – Function block diagram – funkčná bloková schéma

Simatic označenie: Function block language FBD

Nemecké označenie a názov: Funktionsplan FUP tiež Funktionbausteinsprache FBS

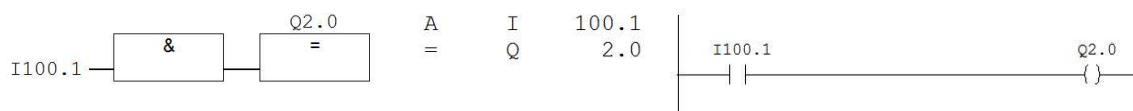
Vychádza zo schém logických hradíel.

LAD, LD – Ladder diagram – jazyk kontaktných (reléových) schém

Simatic označenie: LAD

Nemecky: Kontaktplan KOP

Vychádza zo symbolov líniových schém.



Obr. 3 Ukážky spínaču v troch programovacích jazykoch

ST – Structured text – štruktúrovaný text

Simatic označenie: SCL

Nemecky: Strukturierter Text SCL

Jazyk, ktorý splňuje normu EN 61131-3. Je podobný jazyku C. Používa sa pre programovanie všeobecných funkcií. Jednoduchšie sa v ňom programujú cykly, zložité podmienky, vetvenie,...

SFC – Sequential function chart

Simatic označenie: S7-Graph

Nemecky: Ablaufsprache AS

Používaný pre programovanie sekvencií. Stavebné prvky jazyka sú krok a prechod. Kroky vykonávajú akcie, prechody potom pomocou rozhodovacej funkcie sprostredkovávajú prechod z jedného kroku do druhého.

2.4.2 Nadstavbové programovacie jazyky

Slúžia k programovaniu zložitejších vecí jednoduchšou a prehľadnejšou cestou. Ich licencie nie sú súčasťou základných balíkov. Preklad týchto jazykov je rozčlenený, najprv sa kód preloží do STL a až potom je nahraný do PLC.

Hi-GRAPH

Určenie jazyka je pre programovanie asynchronných nesequenčných procesov. Stroj musí byť rozdelený na individuálne funkčné jednotky, ktoré môžu byť v rôznom stave. Jednotky môžu byť synchronizované výmenou správ medzi grafmi.

CFC

Jazyk CFC je podobný jazyku FBD. Je prepracovanejší, členenie môže byť prehľadnejšie, pretože sú bloky umiestňované podľa vzťahu k algoritmu.

2.5 Výrobcovia PLC

Siemens – veľká nemecká korporácia so širokým záberom. Vo vývoji a výrobe PLC majú dlhoročnú tradíciu a silné postavenie na trhu. V automatizačnej technike majú v ponuke PLC rady Simatic, multitaskingové zariadenia Simotion schopné fungovať ako PLC, strojové riadiace systémy Sinumerik, HMI interfeje a mnoho ďalšieho. Existuje česká firma Softlink, ktorá vyrába PLC kompatibilné so systémom Simatic S7, takmer by sa dalo povedať, že ide o kópie.

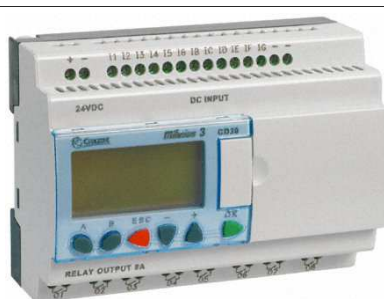
Mitsubishi – japonský koncern vyrábajúci PLC v rôznych vyhotoveniach mikrokontroléry Alpha, kompaktné PLC Melsec, modulárne PLC Melsec L, System Q, tiež verzie safety. Ďalšie zariadenia HMI, sieťové zariadenia, roboty a veľa ďalšieho.

Rockwell Automation – firma zo spojených štátov, ktorá pod svojou značkou Allen – Bradley vyrába kontroléry a riadiace systémy PAC. Riadiace systémy: ControlLogix modulárny riadiaci systém CompactLogix menšie kompaktné zariadenie, FlexLogix systém distribuovaných vstupne/výstupných modulov. PLC: mikrokontrolér Pico, MicroLogix kompaktný a modulárny, PLC5 stavebnicový systém pre riadenie a zber dát, SLC500 malý modulárny systém.

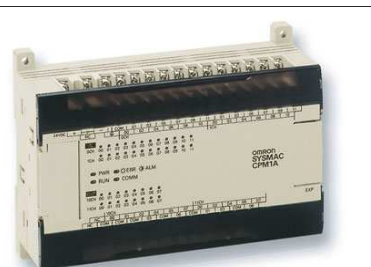
Omron – japonská firma, ktorá má široký záber výrobkov pre priemysel (okrem toho aj ďalšie divízie ako zdravotná, elektronická,...) od automatizačných cez pohony, snímače... Vyrábajú kompletnú škálu automatizačných prostriedkov: Sysmac riadiaca jednotka pre stroje, PLC rady CPM, CJ1 a CS1, vzdialené I/O, tiež HMI rozhrania.



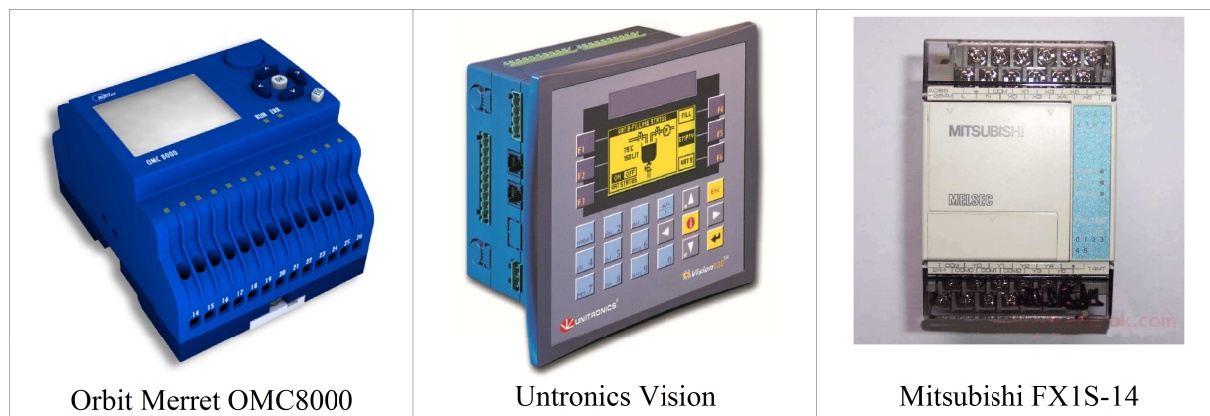
Adam



Crouzet Millenium-3



Omron CPM1



Obr. 4 Výber PLC rôznych výrobcov

Crouzet – francúzska firma, ktorá vyrába časové, strážiace a polovodičové réle, motory, pneumatické prvky. Má svoju radu PLC Millenium 3, ktoré sú vhodné pre menšie aplikácie, pričom majú priaznivú cenu. Vedia regulovať motory, spracovávať a generovať signály či pracovať so snímačmi pre meranie vlastností kvapalín.

Untronics – izraelská spoločnosť, ktorá sa zaoberá automatizačnou technikou a softwarom. Špecialitou firmy je výroba kombinovaných zariadení PLC s HMI rozhraním v jednom kompaktnom zariadení.

Advantech – taiwanská firma, ktorá ponúka svoje hybridné PLC – PC Adam, ktoré umožňuje programovanie v jazyku C, jeho vyššie verzie podporujú OS Windows CE, procesor AMD Geode a DDR SRAM.

Orbit Merret – český výrobca, ktorý prichádza na trh so svojou radou PLC zariadení PLC OMC 8000, ktorá je modulárna (až 31 modulov vzdialených do 40m). Pre komunikáciu medzi modulmi používa CAN zbernicu. CPU jednotka má zabudovaný display, kombinované analógové aj digitálne Vstupy/Výstupy.

Ďalšie: ADAM, ABB, Panasonic, GE VersaMax, Invensys Foxboro, IDEC, iDO, Toshiba, Moeller...

2.5.1 Siemens SIMATIC

Názov pochádza zo spojenia koreňov slov Siemens a Automatic.

SIMATIC S7 je štvrtá rada, ktorá bola uvedená na trh v roku 1995, po SIMATIC Version G (1958), SIMATIC S3 (1973) a SIMATIC S5 (1979).

Označenie Simatec je možné stretnúť pri zariadeniach:

- Programovateľné logické automaty SIMATIC S7
- Počítač SIMATIC M7
- Užívateľské rozhrania SIMATIC HMI
- Kompaktné prístroje SIMATIC C7
- Distribuované vstupy a výstupy SIMATIC DP
- Priemyslový software SIMATIC Industries Software
- Výkonová komunikácia SIMATIC NET

2.5.2 Programovateľné logické automaty Siemens

- LOGO!, je kompaktné PLC. Používa sa pre najjednoduchšie automatizačné úlohy. Rieši spínanie a riadenie aplikácií v priemysle, budovách. Má display umožňujúci zobrazovať funkčné bloky, stavy I/O bitov, ovládať sa dá 6-timi tlačidlami. Má integrovaných 8 základných logických funkcií 30/35 špeciálnych funkcií. Je programovateľný v integrovanom prostredí pomocou displeja a tlačidiel pri ňom tiež v prostredí LOGO! Soft Comfort, novšie

by mali byť pomocou TIA Portal.

- SIMATIC S7-200, modulárny systém určený na riadenie jednoduchých aplikácií. Má široké možnosti komunikácie. Kompaktný, nízka cena, výber operátorských panelov. Vcelku veľká škála modulov najmä pre komunikáciu. Je programovateľný v prostredí STEP 7 Micro/WIN, ktorý nie je kompatibilný so STEP 7 (možnosť konverzie programu pomocou špeciálneho nástroja do TIA Portal, nie však kompatibilita PLC s TIA Portal). Je na ústupe. Postupne by ho mal nahradiť mikrosystém SIMATIC S7-1200.
- SIMATIC S7-1200 – nové kompaktné modulárne PLC. Má integrované rozhranie Profinet a integrované vysokorychlostné vstupy a výstupy (do 30kHz), podpora použitia PID slučiek, podpora najnovších rozšírení, možnosť modulov pre vstupy/výstupy a komunikáciu. Podpora medzinárodného štandardu riadenia rýchlostí a pohonov PLCopen. V softvérovej výbave je Drive Control Panel na nastavenie parametrov krokových motorov.
- SIMATIC S7-1500, nové vyhotovenie mikrosystému PLC SIMATIC. Má postupne nahradiť SIMATIC S7-300 a S7-400. Rozdiely oproti predchodcom sú: komunikácia cez Profinet (rozhranie DP má v základe len CPU 1516), display v základe (odnímateľný, vymeniteľný, farebný) so 6 tlačidlami - zobrazuje diagnostický buffer popri prípade nejaké základne informácie, integrovaný Web server s ktorým sa dá pristupovať k diagnostike, VAT tabuľkám, k procesným tabuľkám, tabuľkám tagov, motion funkcie v každom CPU, vylepšená ochrana dát: zamykanie blokov, skupín blokov na zápis, čítanie, upload atď., možnosť zviazať memory card s CPU pomocou sériového čísla, povolenie k prístupu len niektorým zariadeniam, možnosť uploadovať projekt aj so symbolikou a komentármi. Pamäť je rozdelená na pamäť pre program a pamäť pre bloky. Možnosť programovať len s TIA portal v.12. CPU má svoje napájanie, ktoré dokáže pojať aj pár modulov
- S7-300, mini vyhotovenie, modulárne. Určený pre stredne zložité aplikácie. Používa sa na prácu v čiastkových úlohách pre riadenie. Zväčša posiela dáta s ovládaného systému do nadradeného systému, riadi jednotlivé stroje. Pravdepodobne najpoužívanjšie PLC rady Simatic.



LOGO!

S7-1500

S7-400

S7-200

Obr. 5 Výber PLC Siemens

- S7-400, výkonné modulárne PLC pre náročnejšie úlohy a veľký rozsah. Dokáže prevádzkovať viac než jedno CPU v centralizovanej konfigurácii riadiaceho systému, tzv. multicomputing. Ponúka izochroný režim, čo je obsluha časovej synchronizácie procesu a vzdialených periférií

po zbernici Profibus. Má možnosť meniť konfiguráciu za behu, bez dopadov na technologické zariadenie v prevádzke. Je vhodné pre diskrétné, spojitie i hybridné technologické procesy. Má oddelenú pamäť pre dáta a pre program. Procesor pristupuje zvlášť k pamäti dát a pamäti programu, čo umožňuje oddelená zbernica. Pamäť je možné zväčšiť pomocou externej RAM tiež pamäť na zálohu Flash, ktorá umožňuje zálohu dát aj bez batérie. Vyrába sa v troch prevedeniach: štandardnom (S7-400), so zvýšeným zabezpečením proti poruche (S7-400H), ktoré je bezvýpadkové, znižujú riziká zlyhania a porúch a bezpečnostné (S7-400F/FH), ktoré v prípade poruchy bezpečnosti privedú technológiu do definovaného bezpečného stavu. Sú používané bezpečnostné moduly tzv. Safety.

2.5.3 Siemens SIMATIC S7-300

Je modulárny riadiaci systém pre priemyselné použitie najmä pre: automobilový priemysel, potravinársky priemysel, baliace stroje, procesné inžinierstvo, PID reguláciu, polohovanie s frekvenčnými meničmi, počítanie, výroba plastov a vôbec väčšina aplikácii manufaktúrne a sériovej výroby v priemysle. Výhodou sú tiež malé rozmery, údržba pomocou MMC (micro memory card) pamäťovej karty. Je montovaný do racku. K centrálnej časti (t.j. ten kde je CPU) je možné pripojiť 8 modulov, ak je potrebné rozšíriť tento počet použije sa rozširovací jednotka, k centrálnemu systému je možné pripojiť 3 rozširovacie jednotky, každá môže obsahovať 8 modulov. Teda 32 modulov pre celú jednotku. Jednotky komunikujú pomocou interface modulov (IM). Štandardne je S7-300 vyhotovená s rozhraním pre MPI, sú však aj verzie, ktoré obsahujú DP, Profinet, PtP (viď. Prílohy).

CPU sú vyrábané vo vyhotoveniach:

- Standart – vhodné pre bežné aplikácie
- Compact(C) – má integrované vstupy a výstupy prípadne technologické funkcie
- Fail-Safe(F) – bezpečnostné umožňujú riadiť aplikácie s požiadavkou na splnenie priemyselnej bezpečnosti. Komunikujú pomocou komunikačného profilu PROFIsafe.
- Technology(T) – technologické, majú v sebe zainegrované technologické funkcie pre riadenie pohybu.
- Fail-Safe Technology (TF) – technologický modul s možnosťami bezpečnostného riadenia.

2.5.4 Moduly SIMATIC

Moduly sú ekvivalentom rozširovacích kariet PC, avšak zamerané na úplne iné využitie, čo vyplýva z určenia PLC ako zariadenia pre priemysel.

Rozdelenie modulov:

- PS – napájacie
- SM – signálové
- FM – funkčné
- IM – interface moduly
- CP – komunikačné

PS – Napájacie moduly

Slúžia na transformovanie striedavého sieťového napätia (230V, 120V) na jednosmerné napätie (24V) potrebné pre napájanie PLC. Nie vždy sú potrebné, to najmä v nových PLC S7-1500, kde dokáže jednotka s CPU napájať niekoľko modulov, teda ako keby mala integrovaný napájací modul.

Rozdielne vyhotovenie je len odstupňovanie výstupných prúdov (2A, 5A, 10A).

Obsahujú: LED signalizáciu, nastavovanie vstupného napätia, vypínač, svorky systémové napätie a uzemnenie, výstupné svorky.

SM – Signálové moduly

Slúžia na prenos a spracovanie signálu z riadených procesov na interné napäťové úrovne, alebo naopak ovládajú akčné členy.

Rozdeľujú sa podľa signálu:

- Digitálne
- Analogové

Podľa použitia:

- Vstupné
- Výstupné
- Vstupno/Výstupné

Podľa vyhotovenia:

- Štandardné
- Fail – safe – bezpečnostné
- EX – pre výbušné prostredie

Analógové karty majú vstup, alebo výstup analógový signál. Analógové moduly, musia previesť signál z/do, aby ho mohol CPU/akčný člen ďalej spracovávať. Analógové moduly majú popri počte vstupov, či výstupov ďalší parameter, a to rozlišovaciu schopnosť udávanú v bitoch (8,12,16). Určuje na koľko dielov (hodnôt) je možné spracovávaný signál deliť, teda priamo súvisí s presnosťou, ktorou je možné merať alebo ju nastaviť.

FM – funkčné moduly

Sú vyhotovené pre spracovanie komplexných signálov nezávisle na jednotke CPU, aby jednotka CPU bola uvoľnená od zaťaženia. Je využívaná pre rýchle a presné zásahy. Dokáže realizovať počítanie, meranie, pozíciovanie, dávkovanie, vysokorýchlostné binárne operácie, PID, ovládanie cam, ovládanie pohonov a ovládanie teploty.

CP – komunikačné moduly

Slúžia k pripojeniu k rôznym zberniciam, komunikačným sieťam a PtP spojeniu ako sú: Profibus, Profinet, AS-Interface. Rozširujú tým možnosti komunikácie CPU. Ľahko sa pomocou nich pripája do sietí tretích strán, s rozdielnym prenosovým médiom, rýchlosťou, protokolom. CP modulmi sa je možné pripojiť k iným programovateľným automatom (dokonca aj iných značiek a aj tých ktoré používajú iný komunikačný protokol), počítačom, ovládacím a zobrazovacím zariadeniam (HMI), zberniciam, tlačiarňam, robotom, čítačkám,...

IM – interface moduly

Umožňujú pripojiť k centrálnej jednotke rozširujúci rack. Pri S7-300 je možné pripojiť maximálne tri jednotky čo pri ich plnej obsadenosti modulmi robí zväčšenie počtu o 24 (dohromady 32 modulov).

Decentrálne periférie ET 200

Sú modulárne aj kompaktné v rôznych vyhotoveniach vstupov/výstupov a používania v prostredí rozvádzaču alebo priamo vo výrobe. Komunikujú prostredníctvom Profinetu, alebo

Profibusu, niektoré môžu fungovať len v režime Slave, niektoré aj v Master. Vyrábajú sa vo verziách s aj bez vlastného CPU, technologickými funkciami, frekvenčnými meničmi, motorovými štartérmi, integrovanými ističmi,...









Rozdelenie:

Periférie pre umiestnenie do rozvádzača:

- ET 200S – viacúčelové a kompaktné
- ET 200M – modulárne
- ET 200iSp – iskrovo bezpečný variant pre priestory s nebezpečím výbuchu

Periférie pre umiestnenie mimo rozvádzača:

- ET 200pro – modulárne a viacúčelové
- ET 200eco – bloky digitálnych vstupov a výstupov
- ET 200R – pre priemyselné ochrany

Solutions for the control cabinet (IP20)			Solutions without control cabinet (IP65/67)	
 Compact and expandable ET 200S COMPACT	 Multi-functional ET 200S		 Multi-functional ET 200pro	
	 Modular ET 200M		 Block ET 200eco	
 Low cost block ET 200L	 Intrinsically safe ET 200iSP		 Robot ET 200R	

Obr. 6 Vyhodenie decentrálnych periférií ET200 [4]

2.6 Softwareová výbava

2.6.1 Vývojové prostredia pre programovanie PLC Siemens SIMATIC

- LOGO! Soft Comfort – prostredie určené pre programovanie mikrokontrolérov rady LOGO!. Uživateľsky veľmi prívetivé, cenovo tiež. Používanie programových generátorov, projektovej simulácie (vie simulovať analógové hodnoty fyzikálnych veličín) a funkcionality. Drag & drop robí prácu intuitívnou.
- STEP 7 Micro/Win – prostredie pre programovanie určené S7-200. Uprednostňuje sa v ňom parametrizácia miesto zložitého programovania. Podľa toho je aj vyhotovené, obsahuje sprievodcov pre: PID slučky, Ethernet, AS Interface, Internet a ďalšie. Podporuje online download do PLC. Je jednoduché na ovládanie, lacné, ale update poprípade nové verzie vychádzajú veľmi sporadicky, ak vôbec z dôvodu, že rada S7-200 má byť postupne nahradzovaná S7-1200, ktorá nie je kompatibilná s týmto prostredím, tak ako aj všetky ostatné zariadenia (S7-300, S7-400, S7-1500 a LOGO!)
- STEP 7 – prostredie pre programovanie PLC Siemens SIMATIC S7 300/400 a distribuované moduly ET 200. Podporuje všetky moduly, okrem modulov Safety pre ktoré je potrebná nadstavba STEP 7 Safety Advanced. Podporuje jazyky LAD, STL, FBD. Vo verzii Professional podporuje navyše jazyky Graph a SCL a navyše simuláciu PLCSIM. Je

použité k vyhotoveniu programu pre diplomovú prácu, ďalej sa bude zaoberať len ním. Pojem STEP 7 sa používa vo význame softvéru STEP 7 do verzie 5.x, teda staršie prostredie, ktoré je však stále používané.

- TIA Portal – softvérový balík, ktorý obsahuje prostredie pre programovanie PLC STEP 7, pre užívateľské panely WinCC a pre parametrizáciu pohonov StartDrive. Momentálne je vo verzii 12, ktorá priniesla podporu novému PLC rady Simatic S7-1500. Zvláda aj niektoré staršie S7-1200, S7-400, S7-300 a tiež ET200. Pojem TIA Portal sa používa v súvislosti len s programovaním v STEP 7 a myslí sa tým STEP 7 vo verzii 11 a vyššej.

2.6.2 Nástroje STEP 7

SIMATIC Manager – manažér programu. Slúži na správu programu. Zobrazuje stromovú štruktúru projektu. V najvyššej časti sú zobrazené nakonfigurované stanice, siete popri prípade HMI zariadenia. Pod stanicou je rozdelenie na hardware, CPU popri prípade komunikačný modul. V stanici je delenie na Sources, Blocks a Symbols. Sources sú zdrojové kódy pre jazyky SCL a HiGRAPH. Blocs sú bloky programu, ktoré sa môžu prenášať do PLC, teda OB, FC, DB atď. a tiež skompilované bloky HiGRAPH a SCL do ST.

Symbol Editor – používa sa na zadávanie symbolických mien pre adresy absolútne. Znaky absolútnej adresy presne určujú miesto v pamäti. Symbolické meno je priradenie symbolu (znak, zhuk povolených znakov) pre absolútnu adresu. Výhoda je jasná, stráca sa nutnosť pamätať si adresy ako I12.3, MB107, FC45 atď. a nahrádzajú ich symbolické mená, ktoré môžu byť slová objasňujúce o čo ide alebo takmer hocičo iné. Ďalšia výhoda je v čitateľnosti programu, vďaka tej je potom oveľa prehľadnejší. Na funkciu programu nemajú symbolické mená žiaden význam, pri preklade sa nahrádzajú absolútnymi adresami.

HW Config – Slúži na konfiguráciu staníc, nastavenie komunikácie, jednotlivých modulov, adres, a pod. Tiež na diagnostiku PLC stanice. Stanica musí byť správne nakonfigurovaná už pred behom systému, keďže hardware a adresy sa nekontrolujú pri spustení, ale už dopredu sa o všetkom vie a hneď sa s prednastavenou konfiguráciou pracuje. Konfigurácia stanice sa pred nahraním do PLC musí skompilovať a uložiť. Uloženie je v mieste system data.

NetPro – Editor sieťových spojení. Konfigurujú a vytvárajú sa v ňom sieťové prepojenia štruktúry komunikácie sietí. Tiež sa pred nahrávaním kompiluje a ukladá do system data.

LAD/STL/FBD – Editor kódu programu. Je určený pre vytváranie kódu programu. Je ním možné monitorovať (sledovať v online prenose) program, ktorý beží na PLC. Je možné programovať v troch jazykoch LAD, STL a FBD. Kód v niektorom z jazykov je možné jednoducho prepnúť do zobrazenia v inom jazyku, pričom do jazyka STL je možné zobraziť hocikaký z ostatných jazykov a z jazyka STL do iného už to vždy možné nie je, keďže je v ňom umožnené programovať veci inak a iné než v ostatných. Programuje sa v networkoch, čo sú oddelené časti kódu, ktoré vykonávajú nejakú určenú úlohu a navyše sprehladňujú kód. Ako ďalšiu vec editor kódu programu umožňuje upravovať dátové bloky DB a užívateľsky definované typy UDT. Pri editácii DB sa nezobrazí štandardné prostredie s networkami, ale tabuľka s pamäťou dátového bloku.

Ref – prehliadač krížových referencií (odkazov). Umožňuje prehliadanie umiestnenia, použitia a spôsobu použitia premenných programu. Je možné prehliadať len premenné, ktoré sú adresované priamo. Ak je adresa adresovaná nepriamo, je počítaná za behu programu a v tabuľke odkazov ju nie je možné nájsť. Umožňuje päť pohľadov na dáta: Cross reference (obsahuje informácie o mieste a spôsobe použitia operandov programu), Assignment (zobrazenie použitia vstupov, výstupov, čítačov, časovačov, merkrov), Program structure (zobrazuje stromovú štruktúru programu), Unused symbols (zobrazenie nepoužitých symbolických mien, to sú tie, ktoré majú priradenú absolútnu adresu, ale nie sú v programe využité), Addresses with symbol (zobrazuje absolútne adresy, ktoré sa používajú, ale nie je im priradené symbolické meno)

SCL – prostredie pre programovanie v jazyku SCL

GRAPH – prostredie pre programovanie v GRAPH

2.6.3 Bloky v prostredí STEP 7:

OB

Organizačné bloky, slúžia ako základný kameň štruktúry programu, rozhranie medzi operačným systémom CPU a užívateľským programom. Môžu obsahovať funkcie a funkčné bloky. Sú volané len operačným systémom na vzniknutie špecifickej situácie, ktoré vyvolajú ten ktorý blok pre spracovanie danej situácie. Priorita organizačných blokov je vzostupná, najmenšiu prioritu má blok s najmenším číslom, avšak pre PLC S7-400 je ju možno pozmeniť. Ak je niektorý OB vyvolaný je cyklické spracovanie užívateľského programu prerušené, keďže má najnižšiu prioritu. Po dokončení spracovania sa program vráti do miesta, kde bolo spracovanie prerušené. Ak je počas spracovania vyvolaný iný blok s vyššou prioritou, je blok prerušený a začne sa spracovanie bloku s vyššou prioritou. Keď nastane prerušenie, tak si operačný systém zapamätá obsah registrov a zásobníkov, ktoré používa a po návrate do prerušeného bloku obnoví ich hodnoty. Niektoré organizačné bloky:

OB1 – Najzákladnejší blok vôbec. Obsahuje užívateľský program, je cyklicky volaný, obsahuje volania všetkých ostatných používateľských blokov. Je vrcholom štruktúry pyramídovej hierarchie užívateľského programu okrem blokov, ktoré umožňujú vyvolať prerušenie, čo by mohlo byť brané len ako odbočka zo štruktúry.

OB10 až OB17 – Prerušenie od denného času. Používa sa tam, kde je potrebné vykonať periodicky sa opakujúcu časť programu. Je možné, ako často sa má táto časť vykonať v rámci minút, hodín, dní, týždňov, mesiacov atď. S7-300 má možnosť len jedného bloku tohto prerušenia, naproti tomu S7-400 má možnosť využívať všetkých osem.

OB20-OB23 – Prerušenie od oneskorenia. Kód, ktorý je umiestnený v týchto blokoch je spracovávaný po uplynutí času meraného od výskytu určitej udalosti. OB20 je aktivovaný len po vyvolaní systémovej funkcie SFC32 a intervalu v nej nastavenom. S7-300 má len OB20, S7-400 môže používať všetky.

OB30-OB38 – Cyklické prerušenie. Podobné ako prerušenie podľa denného času, avšak na rozdiel od neho je možné vyvolávať cyklické prerušenie len do jednej minúty, avšak s presnosťou na jednu milisekundu. Prednastavený čas je 100 ms. Interval musí byť väčší než doba spracovania vyvolaného organizačného bloku. Meranie sa začína okamžikom, kedy CPU prejde z režimu STOP do režimu RUN. S7-300 má k dispozícii len blok OB35, S7-400 všetky.

OB40-OB47 – Hardwarové prerušenia. Sú vyvolávané ako reakcie na výskyt konkrétnej situácie v hardware programovateľného automatu.

OB81-OB87 – Diagnostické prerušenie, asynchrónne poruchy. Vnikajú asynchrónne k behu cyklickému spracovaniu užívateľského programu a nejde určiť v ktorom bode programu je príčina poruchy. Ak nie je v pamäti reakčné OB, prejde PLC do režimu STOP. Tieto poruchy sú (zoraďené podľa priority od najnižšej po najvyššiu): časové – doba času je prekročená, výpadok napájania – porucha/výpadok záložnej batérie, diagnostické prerušenie, prerušenie od vloženie/odobratie modulu, porucha hardware CPU, porucha spracovania programu, porucha na nosiči modulov, porucha komunikácie.

OB100-OB102 Štart programu pre normálny štart, pre Hot restart a pre Cold restart.

OB121-OB122 Synchronné poruchy. Sú to poruchy, ktoré je možné priradiť ku konkrétnemu miestu spracovania užívateľského programu. Typy porúch: programová chyba – je vyvolaný neexistujúci blok v pamäti CPU, chyba prístupu – prístupuje sa na neexistujúci, alebo poruchový modul (modul nereaguje)...

SFC, SFB

Bloky SFC a SFB obsahujú predprogramované štandardné systémové bloky. Sú integrované do operačného systému a nenahrávajú sa ako časť programu. Pre SFB je potrebné vytvoriť inštančný dátový blok a ten už nahráť do CPU. Možnosť použiť tieto bloky je závislá od použitého CPU. Bloky obsluhujú: kopírovacie a blokové funkcie (kopírovanie pamäti, detekcia DB v pamäti, kompresia pamäte...), riadenie programu (prepnutie CPU do STOP stavu, umožňuje predĺženie doby cyklu, spúšťa nové meranie cyklu...), spracovanie hodín (nastavenie času a dátumu v CPU, čítanie času a dátumu zo systémových hodín,...), spracovanie čítača hodín (nastavenie čítača hodín na požadovanú hodnotu, spustenie a zastavenie počítadla hodín, čítanie okamžitého stavu počítadla hodín...), prenos datových záznamov (prenos aktívnych parametrov do adresového modulu, prenos datového záznamu z konfigurácie do modulu, prenos záznamov record do modulu...), časové prerušenie (volanie časového prerušenia, nastavenie východzieho dátumu a času pre príslušný OB, mazanie času a dátumu OB, aktivovanie časového prerušenia,...), oneskorené prerušenie (zakázanie spracovania prerušenia a asynchrónnych chýb, oneskorenie spracovania prerušenia a asynchrónnych chýb...), systémová diagnostika (čítanie štartovacej informácie naposledy volaného OB, čítanie záznamu systémového stavu, umožnenie zapisovať do systémového bufferu,...), obraz procesu oblasti vstupu a výstupu (aktivovanie časti, alebo celého obrazu vstupov a výstupov, umožnenie set a reset poľa bitov v I/O oblasti,...), adresovanie modulov (určovanie geografickej adresy z logickej, zisťovanie všetkých logických adries modulov), obsluha decentralných periférií (spustenie programu slave stanice, synchronizovanie DP slave, zapisovanie a čítanie konzistentných DP dát,...), globálne dátové komunikovanie (spúšťanie vysielania a prijímania globálnych dát používateľsky,...), dátová výmena cez SFB (sú k dispozícii len pre S7-400), výmena dát cez SFC (vysielanie dát na externého partnera, čítanie, zápis a zrušenie externých dát, zápis, rušenie dát do interného partnera,...)

FC

Funkcie sú užívateľsky programovateľné bloky bez prideleného pamäťového priestoru. Premenné je potrebné vytvárať a používať v bitovej pamäti, z čoho vyplýva, že je potrebné nájsť miesto, ktoré nebude obsadené.

FB

Funkčné bloky sú užívateľsky programovateľné bloky s prideleným pamäťovým priestorom pre lokálne dáta bloku. Tento pamäťový priestor je v inštančnom dátovom bloku. Inštančný blok je ovládaný automaticky a sú doň ukladané statické premenné.

DB

Pamäťové priestory pre ukladanie dát o stave procesu, signáloch, pomocných premenných... K dátam v DB je možné pristupovať cez bitové operácie, operácie (dvoj)slova. Sú ukladané do pamäte PLC. Je ich výhodné používať pre správu a ukladanie prenastaviteľných hodnôt, tabuliek... Z DB si väčšinou berú dáta, ktoré potrebujú či používajú a tiež do nich zapisujú.

Typy dátových blokov:

- Inštančné – je priradený každému volaniu FB. Sú v ňom uložené dáta a parametre tohto FB. Štruktúra je určená premennými deklarovanými v FB. Jeden inštančný DB môže byť odkazom, len na jeden FB.
- Zdieľaný – je prístupný všetkým blokom. Jeho štruktúra je nezávislá na ostatných blokoch.

VAT

Slúži na sledovanie premenných, simuláciu ich hodnôt, vnucovanie im hodnôt keď je PLC pripojené v online režime k programovaciemu zariadeniu. Zobrazenie obsahuje adresu, symbolické meno, zobrazovací formát a stavovú hodnotu. Nie je nahrávaná do CPU.

UDT

Užívateľský definovaný dátový typ (user defined data type). Nie je dátový typ v pravom slova zmysle, taký aby s ním vedelo pracovať CPU, ale je to typ, ktorý je vytvorený programátorom s prihliadnutím na potreby používania daného typu v aktuálne riešenej úlohe. UDT je zložené z komponentov základných a štruktúrovaných dátových typov. Nie je na rozdiel od DB nahrávaný do CPU. Je vytváraný a upravovaný v editore LAD/STL/FBD, kde je použité prostredie ako pri vytváraní dátových blokov.

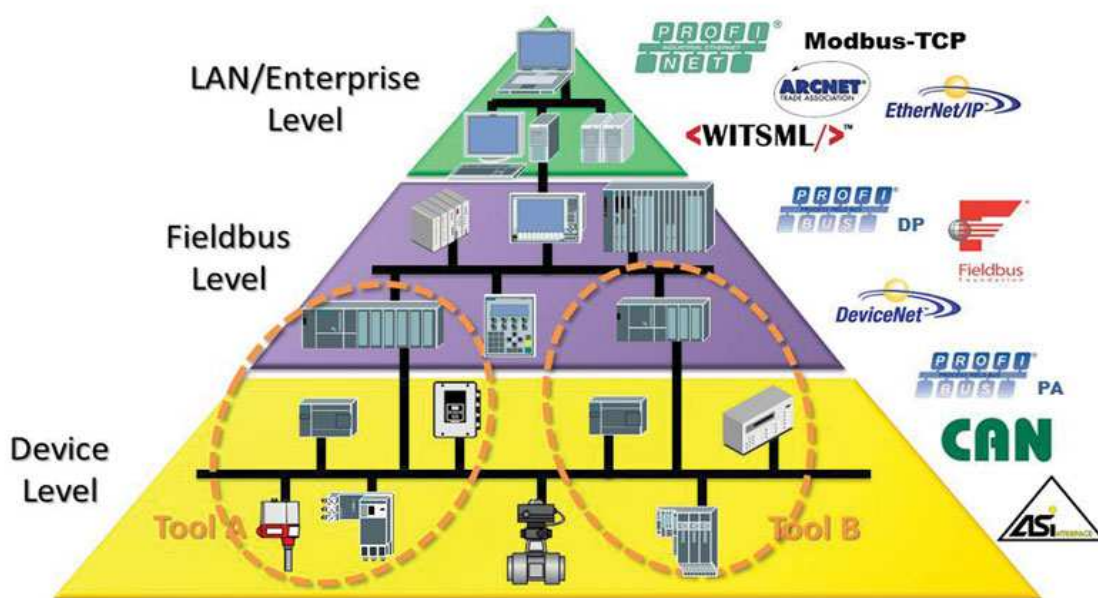
3 KOMUNIKÁCIA

Pre prenos na všetkých úrovniach komunikácie je možné používať procesné zbernice, ktoré umožňujú komunikovať zariadeniam medzi sebou rôznymi spôsobmi za výhod využitia pravidiel tej ktorej zbernice, tiež ponúkajú zníženie nákladov na kabeľáž a zjednodušenie celkovej prehľadnosti siete. Priemyselné zbernice sú normalizované, čo dovoľuje komunikáciu medzi rôznymi zariadeniami od rôznych výrobcov.

Existujú vnútorné komunikačné kanály pre komunikáciu v rámci jedného racku (väčšinou paralelná komunikácia na krátku vzdialenosť) a vonkajšie pre komunikáciu so vzdialenejšími zariadeniami.

Najznámejšie zbernice sú:

- ProfiBUS
- ProfiNET
- CAN – Controller Area Network. Využíva multi-master princíp, kde každý uzol zbernice môže byť master a riadiť chovanie iných uzlov. K riadeniu prístupu je použitá zbernica s náhodným prístupom.
- Modbus – Vytvorený pre komunikáciu rôznych zariadení ako PLC, displaye... Používa princíp master, slave. Pripojiteľných 248 zariadení.
- AS-interface – Skratka Actuator Sensor Interface. Rozhranie pre snímače a akčné členy. Využíva len dvojvodičový kábel s napájaním i dátami. Možno pripojiť 32/64 (pri zdieľaní adresy) slave zariadení.
- DeviceNET – vyvinuté firmou Allan-Bradley na základe CAN zbernice. Maximálny počet účastníkov je 64.
- PtP – Point to point, pear to pear. Všetci členovia takejto siete sú na rovnakej úrovni. Všetci môžu byť servermi i klientmi.
- MPI – Vytvorené Siemens pre externé zariadenia možnosť komunikovať s 32 účastníkmi. Ide o zjednodušenie zbernice ProfiBUS.



Obr. 7 Hierarchia komunikácie v priemyselnom prostredí [3]

3.1 ProfiBUS

Skratka od Process Field Bus. Je otvorený štandard, ktorý definuje norma IEC 61158 a IEC61784. Je jeden z najpoužívanějších. Používa metódy prístupu token passing/token ring, klient-

server, alebo ich kombináciu. Každý segment Profibusu musí byť zakončený terminátorom t.j. zakončovacím odpor, aby sa zamedzilo spätným odrazom. Vzdialenosť najkrajnejších uzlov môže byť od 100m do 80km, podľa použitého média a zvolenej rýchlosti. Pre zvýšenie dĺžky a obmedzenia rušenia sa používa Repeater (opakovač).

3.1.1 Štruktúra

Definuje master a slave zariadenie.

- Master – rozhoduje komunikáciu na zbernici.
- Slave – nemá právo samovoľne vysielat' na zbernicu. Je mu to umožnené, iba ak na žiadosť mastera.

3.1.2 Prenosové vrstvy protokolu

Je založený na referenčnom modeli OSI so štandardom ISO7498.

- Fyzická vrstva
Definuje fyzické spojenie zariadení a topológiu siete. Podporuje prenos po zbernici RS-485, po optickom vlákne a po prúdovej slučke.
- Linková vrstva
Definuje mechanizmus prístupu na prenosové médium.
- Aplikačná vrstva
Poskytuje služby pre realizáciu komunikácie.

3.1.3 Varianty

- Profibus DP (Decentralized Periphery)
Určený pre komunikáciu master-slave. Ideálny na rýchly prenos z a na decentralizované periférie a vzdialené vstupy a výstupy. Komunikačným médiom môže byť krútená dvojlinka (štandard RS-485) alebo optické vlákno. Rýchlosť je 9kbit/s až do 12Mbitov/s. Komunikačné funkcie sú špecifikované DP funkciami. Existujú tri varianty DP-VO, DP-V1 a DP-V2 pričom každá nasledujúca zahŕňa rozšírenie. DP-V0 je základná funkcionality (cyklická výmena, diagnostika). DP-V1 rozšírenie o acyklickú komunikáciu, definícia alarmov. DP-V2 prináša izochrónny periodický režim komunikácie slave-to-slave.
- Profibus PA (Process Automation)
Ide o rozšírenú normu Profibus DP určenú pre pomalé riadenie najmä pre výbušné prostredie. Využíva fyzickú vrstvu prúdovú slučku, ktorá komunikuje stálou rýchlosťou 31,25kbit/s a umožňuje napájať zariadenia zo zbernice.
- Profibus FMS
Určený na komunikáciu na vyššej úrovni pre komplexné úlohy s veľa službami pre prácu s dátami, programami a alarmami. Momentálne sa takmer nepoužíva, možno ho zastihnúť len v starších aplikáciách. Bol nahradený sieťou ProfiNET.

3.1.4 Integrácia ProfiBUS DP

Aby mohli byť rôzne zariadenia pripojené pomocou ProfiBUSu, majú svoju špecifikáciu v elektronickom katalógu (gds súbor). Knižnicu zariadení podporujúcich Profibus DP je možno nájsť na internete a stiahnuť si jednotlivé gsd súbory. Obsahuje popis charakteristík. Je zložený z troch častí:

- Hlavná špecifikácia – meno prístroja, výrobca, verzie hw a sw, podporované rýchlosti, časové intervaly a popis pinov
- Špecifikácia DP master – Určený pre master zariadenia. Obsahuje počet možných slaveov. Pri slave prístrojoch nie je použitá.
- Špecifikácia DP slave – Obsahuje špecifikáciu počtu vstupov a výstupov, diagnostiky, a informácií k určeniu správnosti dát.

3.1.5 Aplikačné profily

Sú špecifikácie výrobcov zariadení, ktoré obsahujú správanie a vlastnosti zariadení. Niektoré z nich:

- ProfiSafe – podporuje procesy súvisiace s bezpečnosťou. Definuje Fail-Safe zariadenia. Realizuje bezpečnú komunikáciu medzi týmito zariadeniami. Dokáže odhalovať chyby. Používa acyklickú komunikáciu. Každé zariadenie, ktoré umožňuje takúto komunikáciu obsahuje blok zabezpečená nadstavba F-drive, ktorý zaisťuje správy zabezpečenej komunikácie.
- ProfiDrive – aplikácia riadenia pohonov. Zaoberá sa dvomi typmi zariadení: zadávaním príkazov pre riadenie momentu alebo rýchlosti pohonu a zariadeniami riadené zadaním konečnej polohy.
- PA devices – pre procesné inžinierstvo.
- Robots/NC – pre roboty.
- Semi – opisuje vlastnosti polovodičových prvkov.
- Encoders – prepojenie rotačných, uhlových a lineárnych snímačov.
- Panel devices – spojenie užívateľských panelov so systémami pre vyššie riadenie.

3.2 ProfiNET

Priemyselný komunikačný systém založený na základe priemyselného Ethernetu, podliehajúci norme IEC 61158. Dokáže komunikovať v reálnom čase. Je to otvorený protokol. Používa TCP/IP a IT štandard. Obsahuje modely pre použitie sietí ProfiBUS DP, ProfiBUS PA, AS-Interface, InterBUS, čo umožňuje vytvorenie pomešaných systémov zo zbernicových a ethernetových častí. Pre zlučovanie sietí sa používajú proxy zariadenia. Rýchlosť je 10Mbit/s a Fast Ethernet 100Mbit/s. Umožňuje integráciu do Internetu a tiež použitie OPC serveru pre pripojenie ProfiNETu s inými systémami. Pre riadenie v reálnom čase je ProfiNETom využívaný TCP/IP a UDP/IP protokol komunikácie s mechanizmom pre kontrolu dátového toku a adresácie tzv. Real-Time kanál (RT), pre najnáročnejšie potreby je k dispozícii izochroónny komunikačný kanál Isochronous Real-Time (IRT).

ProfiNET umožňuje prácu v rôznych aplikačných profiloch, pričom prvých šesť bolo pôvodne vytvorených pre zbernice ProfiBUS:

- PROFI-safe – Pre dôveryhodnú komunikáciu bezpečnostných zariadení s riadiacim systémom cez zabezpečenú sieť.
- PROFInergy – Pre zariadenia využívajúce veľa elektrickej energie ako roboty, lasery, lakovacie linky.
- PROFIdrive – Pre pohonové zariadenia v rozsahu od frekvenčných meničov po vysokodynamické servopohony, rôznosť použiteľnosti je daná použitím jednej zo šiestich aplikačných tried.
- Encoder
- Low Voltage Switch Gear
- Identification Systems
- Train Application – Prvý profil vytvorený len pre ProfiNet. Slúži na automatizáciu dopravy koľajových vozidiel.

3.2.1 ProfiNET IO

ProfiNET IO umožňuje pripojenie pre decentralizované vstupné a výstupné zariadenia. Umožňuje komunikovať v reálnom čase s RT a IRT kanálom pomocou kaskádového konceptu. Štruktúra je vytvorená na základe štruktúry Profibusu, kde je konfigurácia zadávaná počas konfigurácie. Charakteristika je ako u Profibusu z GSD súborov založených na XML.

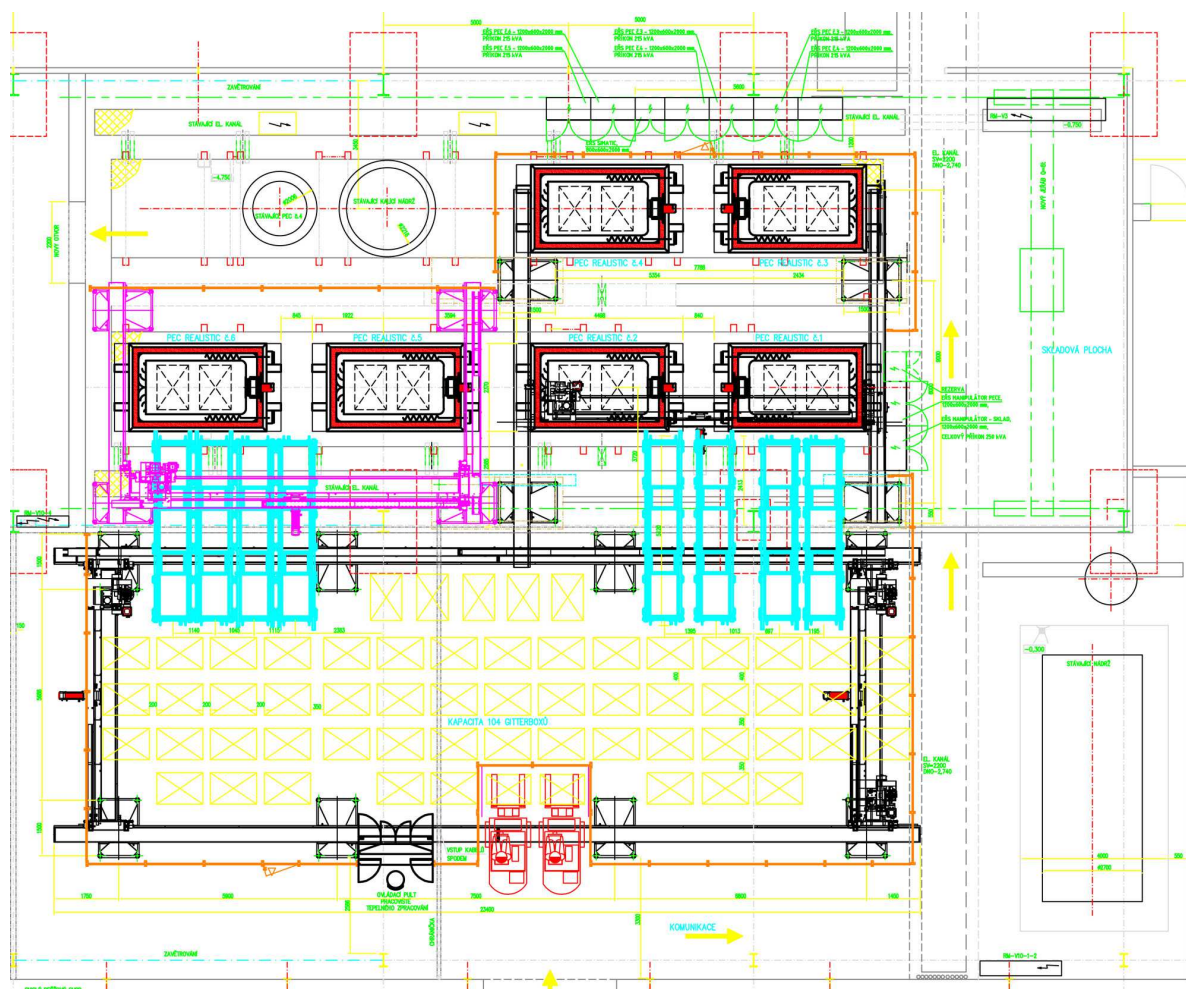
3.2.2 ProfiNET CBA

ProfiNET CBA je zložený z komponentov, ktoré tvoria nezávislé časti či už stroja, linky alebo závodu. Charakteristika je popísaná v PCD súboroch, ktoré sú založené na štandarde XML.

4 POPIS LINKY

4.1 Všeobecný popis linky

Linka na tepelné spracovanie hliníkových výkovkov v Alcan Strojmetal Aluminium Forgiing, s.r.o., ďalej len linka, je tvorená tromi manipulátormi Güdel, „Veľkým manipulátorom“ (skratka VM), dvomi „malými manipulátormi“ (skrátene označenými MM1 a MM2), šiestimi pecami CAK 27.14.20/2,5 ďalej len pece, 8 dopravníkmi Realistic, 13 frekvenčnými meničmi Lenze, programovateľným automatom Siemens Simatic S7-300 s CPU 315-2 PN/DP so vstupnými a výstupnými modulmi, dvomi počítačmi: s vizualizáciou a vizuálnym sledovaním linky so záznamom a ďalšími ovládacími a kontrolnými zariadeniami.



Obr. 8 Plán linky

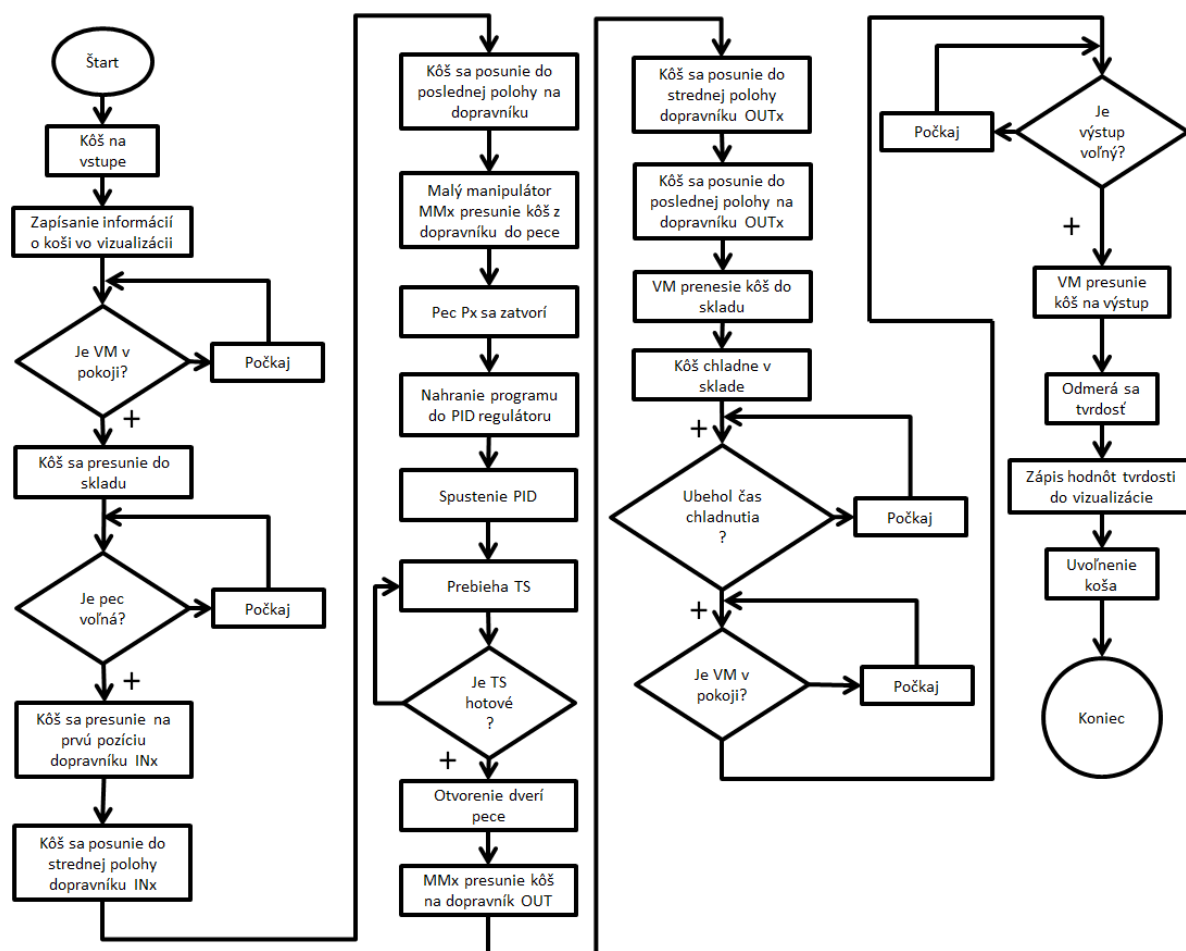
4.2 Funkcia linky

Linka môže pracovať v dvoch režimoch v automatickom a ručnom. V rámci diplomovej práce je plánovaný dorobiť režim manuálny, pričom by malo ísť o poloautomatický režim, ktorému sa zadávajú informácie o tom, odkiaľ a kam presunúť koše. Program ich potom automaticky presunie podľa požiadaviek.

Ručný režim umožňuje obsluhu ovládanie manipulátorov pomocou vizualizácie. Dokáže obsluhovať posun v osiach, zovretie a v prípade VM aj otočenie. Tento režim je výhradne používaný pre účel servisu a pre veľmi výnimočné prípady. Pred skončením ručného režimu je potrebné uviesť

manipulátory do východných polôh.

Na vstupné miesta sú navázané koše (tiež nazývané palety, alebo gutterboxy), maximálne dva na seba (tzv. sa viažu spolu). Do vizualizácie obsluha zapíše tri povinné údaje: transportnú dávku, počet kusov a označenie programu. Môže aj ďalšie ako zákazka a číslo tavby, tiež môže určiť či ide o prednostné spracovanie. Podľa týchto údajov bude koš tepelne spracovaný a zlučovaný na jednotlivé dávky do pece s ďalšími košmi. Veľký manipulátor postupne prevezme koše a zavezie ich do skladu, kde vyčkávajú na programom zvolené poradie pre ich spracovanie, alebo sú prioritne spracované ak je tak zadané obsluhou. Normálne (neprednostné) spracovanie potrebuje štyri koše určené pre rovnaké tepelné spracovanie. Pri prednostnom spracovaní môže byť počet košov v rozsahu 1 až 4. Keď nastane táto chvíľa a pece sú pripravené a voľné, veľký manipulátor koše zavezie na dopravník/y na polohu/y IN. Odtiaľ ich jeden z malých manipulátorov prevezme a vloží do pece. Po tepelnom spracovaní malý manipulátor vyvezie koše a dá ich na dopravník OUT odkiaľ ich veľký manipulátor zavezie na sklad, kde čakajú, aby vychladli. Po vychladnutí veľký manipulátor zavezie koše na výstupné miesto odkiaľ si ich zamestnanci prevezmú.



Obr. 9 Materiálový tok linkou

4.3 Funkcia jednotlivých častí linky

4.3.1 Veľký manipulátor – VM

Má na starosť presun košov zo vstupu do skladu, zo skladu na vstupné dopravníky, z výstupných dopravníkov do skladu a zo skladu na výstup. Ukladá koše po dvoch na seba ak je to vhodné, to je vtedy, keď ide o koše s výkovkami určenými pre rovnaké tepelné spracovanie.

Manipulátor sa vie pohybovať v troch osiach, dokáže sa otáčať okolo osi z a zvierat' chápadlá.



Obr. 10 Manipulátor Gudel

4.3.2 Malý manipulátor 1 – MM1

Úlohou malého manipulátoru 1 je zavádzanie koša s materiálom do pecí č. 1-4 z dopravníkov IN12 (ďalej len pece). Pec musí byť vždy naplnená na to, aby mohla byť spustená. To znamená, že na

sklade musia byť 4 koše určené na rovnaké tepelné spracovanie, ktoré sú potom vložené pece. Tiež samozrejme slúži na vyberanie košov z pecí 1-4 a ich presun na dopravníky OUT12.

4.3.3 Malý manipulátor 2 – MM2

Malý manipulátor 2 zaväza do pecí 5 a 6. Na rozdiel od MM1 zaväza do pecí voľnejšie, nepotrebuje mať nachystané 4 koše, ktoré sú určené na rovnaké tepelné spracovanie. Vybavuje koše pre prednostné spracovanie. Obsluha môže zvoliť ľubovoľný počet košov v rozsahu 1 až 4, ktoré majú byť naraz v peci tepelne spracované.

4.3.4 Ret'azové dopravníky

Slúžia na prenos košov medzi priestorom skladu, ktorý obsluhuje veľký manipulátor a priestorom pecí, ktorý obsluhujú malé manipulátory. Na vstupné dopravníky INx sú zavádzané koše veľkým manipulátorom zo skladu, odoberané sú malými manipulátormi, ktoré ich vkladajú do pece. V prípade výstupných dopravníkov OUTx je ich obsluhovanie otočené. Koše sú na ne zavádzané malými manipulátormi a odoberané VM. Dopravníky majú tri polohy: prvú pre zavádzanie, druhú medzipolohu, tretiu pre odobranie.

4.3.5 Pece

Pece majú rozdelené ovládanie v troch častiach. Najzákladnejšie ako sú zapnutie a núdzový stop sú umiestnené priamo na rozvádzači pece. Nastavenie programov, teplôt, ich kontrola a podobne sú nastavované z vizualizačného PC. Teploty ovláda PID regulátor, ktorý je nastavovaný z PC. Majú dve zóny, na každej z kratších strán je ohrievanie a ventilátor. Ventilátory sú spúšťané z PLC a ich stav je kontrolovaný IFM senzormi.

4.3.6 PLC

PLC slúži ako hlavný kontrolný a ovládací prvok na linke. Obsluhuje manipulátory, dopravníky, sčasti pece (ovláda hardware pece, ale neovplyvňuje teplotu), komunikuje s vizualizačným pc, zaobstaráva všetku logiku automatickej prevádzky linky a bezpečnosti. Pomocou OPC serveru komunikuje s vizualizáciou. Používa Profinet pre komunikáciu s vizualizačným PC a na pripojenie k podnikovej sieti. Je pripojené bránu VPN do internetu kôli vzdialenej správe linky pre servisné a pozorovacie účely. Skladá sa z jednotky Siemens Simatic S7 – 300 s CPU a distribuovaných vstupov a výstupov ET 200. Je pripojené pomocou zbernice Profibus k frekvenčným meničom.

4.3.7 Vizualizačné PC

Obsahuje vizualizáciu linky vytvorenú v programe Control Web. Pomocou vizualizačného PC obsluha pracuje s linkou, zisťuje poruchy, vkladá a vyberá informácie a pod. Slúži na zobrazenie priestorov skladu, dopravníkov, manipulátorov a pecí. Tiež zobrazuje grafy priebehu teplôt pecí, ovládanie v ručnom režime, zadávanie údajov pri vstupe a výstupe košov a archiváciu dát. Komunikuje s PLC pomocou OPC serveru. Tiež vytvára databázu produkcie linky, ktorá je ďalej odosielaná do počítača určeného na zber dát tohto typu, ktorý nie je súčasťou linky a je tiež umiestnený mimo haly. Tiež su k vizualizačnému PC pripojené moduly IFM (Octavis), ktoré kontrolujú stav ventilátorov v peci, a to najmä ložísk. Sú pomocou OPC serveru pripojené k PC.

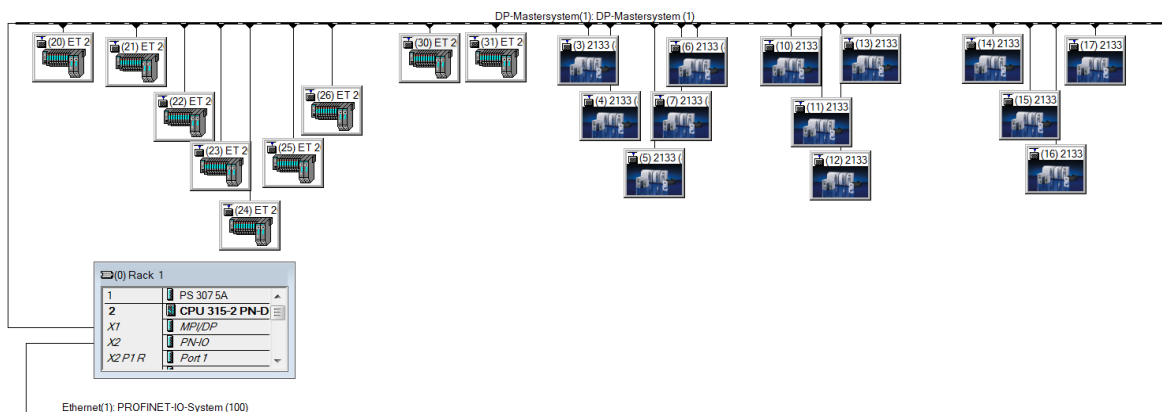
4.3.8 PC pre sledovanie linky

Nemá možnosť nijako zasahovať do procesu spracovania výkovkov alebo funkcií linky. Slúži len ako zobrazovacie a archivačné zariadenie pre kamery umiestnené v priestore linky, slúžiace na kontrolu funkčnosti a priebehu automatického vykonávania činností linky, tiež prípadné narušenie spôsobené vonkajším vplyvom – zamestnancami a pod.

4.4 PLC a k nemu pripojené prvky

Ako riadiace PLC bolo zvolené Simatic Siemens S7-300 315-2, ktoré umožňuje komunikáciu po zbernici Profibus i Profinet. Samotný modul s CPU nemá žiadne digitálne či analógové vstupy či výstupy. Všetky sú napojené ako vzdialené vstupy a výstupy pomocou jednotiek ET 200. Frekvenčné meniče Lenze sú pripojené pomocou zbernice Profibus a ich konfigurácia je pridaná do programu PLC pomocou gds súborov.

4.4.1 Zariadenia pripojené k PLC



Obr. 11 Step7 HWconfig

Obsahuje:

- Rack s CPU 315-2 PN-DP
- 9 modulov ET 200S
- 13 frekvenčných meničov Lenze
- Komunikáciu po zbernici Profinet
- Komunikáciu po zbernici Profibus

CPU 315-2 PN-DP

6ES7 315-2EH14-0AB0

Firmware v. 3.2

Obsahuje:

- 384 KB pracovnej pamäte
- 1000 inštrukcií za 0,05ms
- Profinet Ethernet interface s 2-portovým switchom
- Kombinovaný konektor pre pripojenie Profibus/MPI
- Komunikovať v režime MPI/DP ako master, alebo v DP ako slave rýchlosťou až 12Mb/s
- Viac-vrstvú konfiguráciu až 32 modulov
- TCP/IP prenosový protokol
- Slot pre MMC kartu do 8MB, ktorá je nevyhnutná pre fungovanie

ET200S

6ES7 151-1AA05-0AB0

Rozširujúca jednotka

Obsahuje

- Pripojenie pomocou Profibus DP cez RS 485
- Nastavenie adresy pomocou DIP switchov

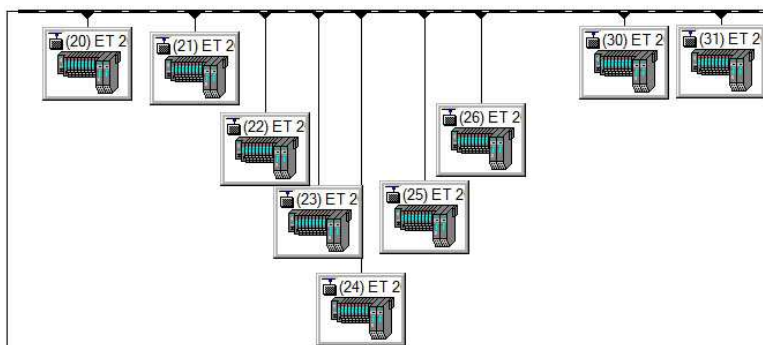
- Prácu s až 63 modulmi pomocou IM151-1 standard
- Update Firmware cez Profibus DP so Step 7
- Maximálny priestor adres 244B pre vstup a 244B pre výstup

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA00-0AA0				
2	CPU 315-2 PN-DP	6ES7 315-2EH14-0AB0	V3.2			
X1	MPI/DP				2047**	
X2	PN+IO				2046**	
X2 P1 R	Port 1				2045**	
X2 P2 R	Port 2				2044**	
3						
4						

Obr. 12 CPU 315-2

4.4.2 Pripojenie zariadení na Profibus

Adresa na profibus zbernici 2. Ostatné zariadenia majú profibus adresu zhodnú s označením v HW config je uvedená v zátvorke.



Obr. 13 Moduly ET200

Interface modul ET200S - 20

Spracúva bezpečnostné signály svetelných závor, majáky.

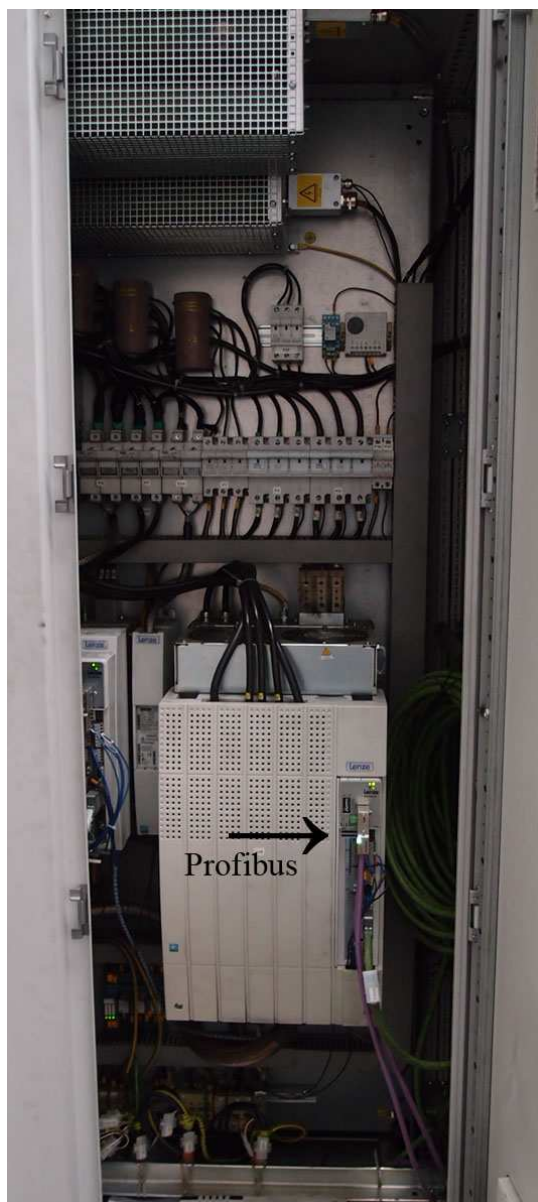
Interface modul ET200S 21-26

Ovládanie a kontrola pecí.

Interface modul ET200S 30-31

Ovládanie dopravníkov.

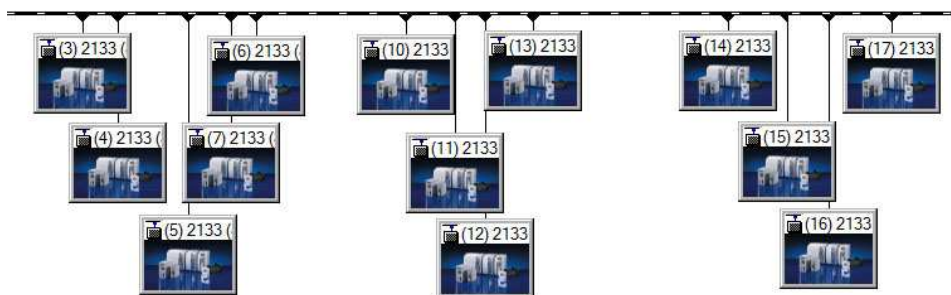
Frekvenčné meniče 3-6



Obr. 14 Rozvádzačová skriňa s frekvenčným meničom pre os manipulátoru

Ovládanie veľkého manipulátoru (VM). Jednotlivé meniče:

- 3 - os x
- 4 - os y
- 5 - os z
- 6 - otáčanie
- 7 - úchop



Obr. 15 Frekvenčné meniče

Frekvenčné meniče 10-13

Ovládanie malého manipulátoru 1 (MM1). Jednotlivé meniče:

- 10 - os x
- 11 - os y
- 12 - os z
- 13 - úchop

Frekvenčné meniče 14-17

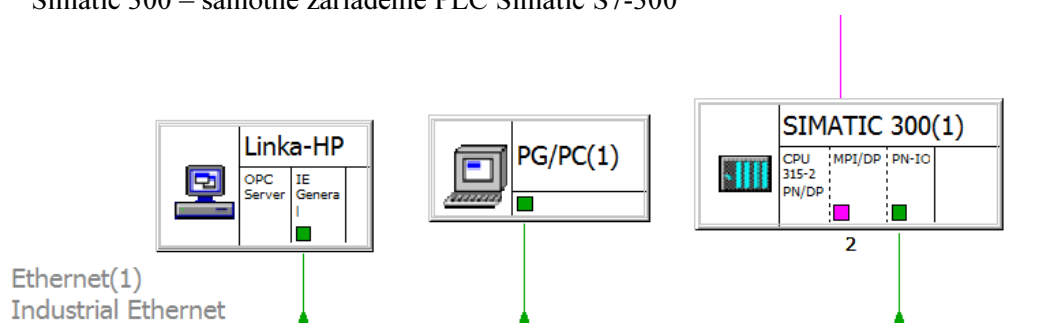
Ovládanie malého manipulátoru 2 (MM2). Jednotlivé meniče:

- 14 - os x
- 15 - os y
- 16 - os z
- 17 - úchop

4.4.3 Pripojenie zariadení na Profinet

Pripojené zariadenia na Profinete sú:

- Linka-HP – čo je OPC server pre počítač na ktorom beží vizualizácia v softvéri Control Web
- PG/PC – zariadenie pre programovanie PLC, čo je počítač cez ktorý sa pripája k PLC v prípade úprav programu
- Simatic 300 – samotné zariadenie PLC Simatic S7-300



Obr. 16 Industrial Ethernet

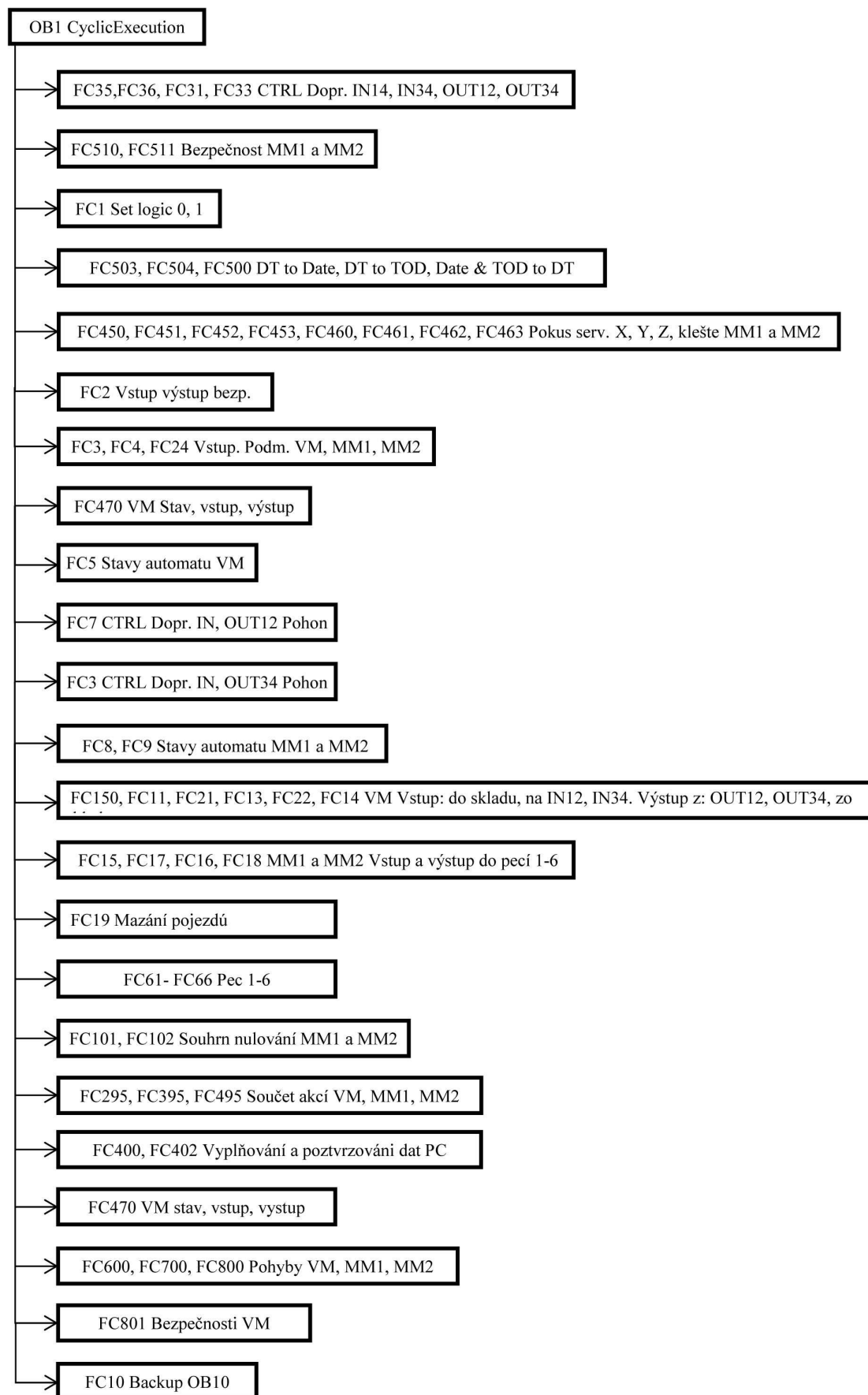
5 PROGRAM LINKY

5.1 Analýza programu

5.1.1 OB1

Funkcia organizačného bloku 1 nie je nijako zvlášť zaujímavá na opis. Jedná sa o základnú funkciu cyklického behu PLC. Je použitá na spúšťanie základných častí programu, výber zaujímavejších a ich popis bude uvedený neskôr. Spúšťané a obsluhované funkcie sú:

- Kontrolu dopravníkov pomocou funkcií FC35 pre dopravník IN12, FC36 pre IN34, FC31 pre OUT12, FC33 pre OUT34. Je závislá na stavoch veľkého a malých manipulátorov, čím je kontrolovaná či bude jednotlivý dopravník používaný a kontrola má zmysel.
- Kontrolovanie bezpečnosti malých dopravníkov funkciami FC510 a FC511
- Nastavovanie logickej nuly a jednotky. Tiež simulácia čidiel pre vstup a výstup paliet. FC1.
- Nastavovanie puzlu pomocou taktu 0,2 sekundy a následný prevod do bcd a do integer, pričom pri 256. nastáva vynulovanie a následné počítanie od nuly.
- Prevod a ukladanie času
- Rozkladá aktuálny čas a dátum z formátu DATE_AND_TIME do TOD a ukladá do DB12
- Odkúšanie servo motorov pre osi x, y, z, klieští MM1 a MM2. Využíva funkcie FC450, FC451, FC452, FC453 pre MM1. FC450, FC461, FC462, FC463 pre MM2.
- Načítanie a spúšťanie bezpečnostnej signalizácie, FC2.
- Načítavanie hodnôt snímačov do dátových blokov pre VM, MM1 a MM2. Funkcie FC3, FC4 a FC24.
- Základné funkcie obsluhujúce pohyby manipulátorov a dopravníkov. Budú ďalej rozoberané. Poradie vyhodnocovania a vykonávania pohybov:
 - Výstup košov zo skladu pomocou VM. FC470
 - Pohyby VM na a z dopravníkov, obsluha vstupu a výstupu skladu, ručný režim.
 - Kontrola dopravníkov
 - Obsluha pohybov malých manipulátorov z a na dopravníky, z a do pecí.
 - Vstup košov do skladu pomocou FC150.
- Vstupy a výstup VM na dopravníky. FC11, FC21, FC13 a FC22
- Výstup koša zo skladu pomocou VM, FC14.
- Vstupy a výstupy malých manipulátorov do pecí. FC15, FC17, FC16, FC18.
- Pravidelné automatické mazanie pojazdov a motorov všetkých manipulátorov. Tiež obsahuje kontrolu mazania pomocou snímačov. FC19
- Sledovanie času pred tepelným spracovaním. FC50
- Obsluha pecí. Načítanie hodnôt snímačov do príslušných dátových blokov. Kontrola funkčnosti jednotlivých častí hardwaru pece: poistiek, krídel dverí, ventilátorových meničov, ventilátorov. Kontrola neobsadenosti pozícií pece košmi a následné spustenie ukončovacieho procesu pre jednotlivé pece (FC71-FC77). Signál pre otvorenie pece. Funkcie FC61, FC62, FC63, FC64, FC65, FC66.
- Súhrn nulovania MM1 a MM2, FC101 a FC102
- Súčet akcií VM, FC295 tiež malých manipulátorov FC391 a FC495
- Vyplňovanie a potvrdzovanie dát PC. FC400 a FC402
- FC470 stav, vstup, výstup VM – Komunikácia s frekvenčnými meničmi pre VM
- Pohyby všetkých manipulátorov FC600, FC700, FC800.
- Bezpečnosť VM 801
- Záloha OB100, FC10



Obr. 17 Blok OB1- cyklicky spracovávaný

5.1.2 FC2

Načítanie vstupov bezpečnostných prvkov zapojených na vstupoch I4.0-4.7 do dátového bloku DB30. Sú pripojené k: snímačom spodného a horného košu na vstupnom a výstupnom stanovišti, na bezpečnostnej optickej závore na vstupno-výstupnom mieste košov, k tlačidlu pre obnovenie bezpečnostnej závery po jej narušení. Načítanie výstupov bezpečnosti:

- Q4.0-majáček brána narušená
- Q4.1 hůkačka
- Q5.0 signalizácia vstupu zelená
- Q5.1 signalizácia vstupu červená
- Q6.0 signalizácia výstupu zelená
- Q6.1 signalizácia výstupu červená

Tiež sa načítavajú do bloku DB30. Funkcia ďalej obsluhuje: nastavovanie bezpečnostnej závery, hlásenie pre vizualizačný software o narušení bezpečnosti, kontrolovanie vstupu košov do skladu pred preplnením skladu, rozsvietenie majákov pri narušení závery.



Obr. 18 Naberacie a odoberacie miesto so signalizáciou, snímačmi, hůkačkou a tlačidlami

5.1.3 FC5 - Stavy automatu VM

Jedna z najpodstatnejších funkcií VM. Začína sa ňou, rozhoduje o tom, čo sa bude diať s veľkým manipulátorom. Funkcie rozhodujúce o tom akú činnosť bude program VM vykonávať, sú vyhodnocované postupne a tá, ktorá prvá vyhoví, spustí reakciu na seba vo forme spracovania pohybu:

- Prehľadávanie skladu, ktoré palety sa majú zavážať.
- Nezavážať, ak je plný sklad.
- Hľadánie kusov, ktoré putujú spolu na tepelné spracovanie.
- Spracovanie výnimky pre prioritu.
- Spracovanie výnimky pre počet kusov, ktoré majú ísť do pece.

FC5 rozdeľuje činnosti veľkého manipulátora na pohyby a stavy pokoja a ručne. Sú reprezentované ako bitové hodnoty v DB40. Sú to:

- Prenos košov na dopravník IN12.
- Prenos košov na dopravník IN34.
- Prenos košov z dopravníku OUT12.
- Prenos košov z dopravníku OUT34.
- Prenos košov zo vstupu na sklad.
- Prenos košov zo skladu na výstup.
- Stav pokoja.

- Stav ručne.

Každý z prenosov kontroluje pri spustení:

- či nie je aktivovaný stav ručne a
- či sú pohony VM v poriadku,
- podmienku COMM, čo je podmienka, ktorá sa používa pri zavádzaní a riadi sa interne z programu vo VAT tabuľke.

Všetky prebiehajú v troch fázach:

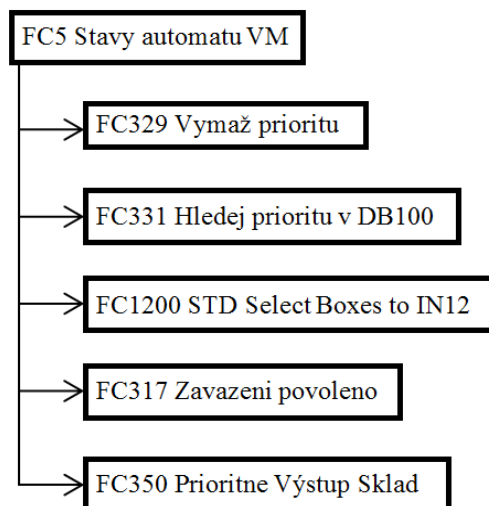
- požiadavka
- stav
- koniec

Potom nasleduje kontrola podmienok špecifických pre každý prenos zvlášť. Medzi nimi sa však väčšinou dá nájsť analógia. Príklad: keď sa vyberá z výstupného dopravníka, musí byť plný a analogicky k tomu keď sa nakladá na vstupný dopravník, musí byť prázdny. Jednotlivé špecifické podmienky pre prenosy:

- Pre požiadavku prenos košov zo skladu na dopravník IN12: vstup dopravníka musí byť prázdny, musia byť nájdené 4 vyhovujúce palety, nesmie prebiehať plnenie MM1, musí byť zapnutý (FC7), nesmie prebiehať už takýto prenos. Ak je požiadavka splnená skontroluje sa či je VM v stave pokoja, či je funkčný hardware manipulátora a či prebehla úspešne požiadavka. Ak všetko vyhovuje je zrušený stav pokoja a nastavený stav prenosu na dopravník IN12. Koniec prenosu určuje zisťovanie, či je v stave prenosu a či sú kroky VM prenosu koša na dopravník IN12 ukončené, ukončovací bit je z DB2, kde ho zapísala funkcia FC11, ktorá zabezpečuje vstup na dopravník IN12.
- Prenos zo skladu na IN34 potrebuje, aby boli nájdené 4 vhodné koše alebo prioritou nastavený iný počet paliet väčší než 0, tiež aby neprebíhalo plnenie pomocou manipulátora MM2, neprebíhal už prenos na IN12 ani na IN34. Ak sa všetko splní a VM je v stave pokoja je stav pokoja zrušený a nastavený prenos na IN34. Prenos je zrušený ak sú ukončené kroky prenosu z DB13 a nie sú aktívne vstupy dopravníka, dopravník je zapnutý (kontrola je obsiahnutá v FC6)
- Prenos z výstupného dopravníka OUT 12 je závislý, na tom aby bol dopravník zaplnený, aby boli skontrolované snímače na dopravníku v FC5, aby neprebíhalo vypratávanie pomocou MM1, aby bol zapnutý (FC7), aby už neprebíhal prenos z dopravníku OUT12. Ak je žiadosť splnená, skontroluje sa hardware a či je VM v pokoji. Následne sa prepne VM zo stavu pokoja do stavu prenosu z OUT12. Koniec nastáva, ak sú ukončené kroky VM na prenos z OUT12. Vtedy je stav VM prepnutý do stavu pokoja.
- Požiadavka na prenos z OUT34 si žiada, aby boli splnené podmienky: neprebíhalo vypratávanie pomocou MM2, VM neprenášal z OUT34, alebo OUT12, aby už nebežala požiadavka na výstup z OUT12 na sklad. Ak je splnené, skontroluje sa, či je VM v stave pokoja a hardware. Následne sa prepne zo stavu pokoja do stavu prenosu. Koniec nastane ak sú kroky VM na vypratávanie ukončené DB14.
- Pri prenose košov zo vstupu na sklad je potrebné na vyhovie požiadavky, aby bola bezpečnostná závara neprerušená, nebežal prenos do skladu, aby bolo zavážanie povolené (toto nastavuje FC5), bol nastavený príkaz pre prevzatie košov z PC v DB401. Skontroluje sa či je VM v stave pokoja a hardware chápadiel a otáčania, opäť sa skontroluje či je závara otvorená, potom sa prepne zo stavu pokoja. Končí sa, ak sú ukončené kroky VM pre prenos zo skladu.
- Na prenos zo skladu na výstup je potrebné, aby nebol na výstupnej pozícii kôš, aby boli koše po tepelnom spracovaní a boli vychladnuté. Ak je všetko splnené, skontroluje sa hardware, skontroluje sa či bezpečnostná závara sa neprerušená. VM sa prepne z pokoja na prenos zo skladu na výstup. Ukončená činnosť je, ak sú skončené kroky VM.
- Pre ručný chod je to len samotná žiadosť a aby bol VM v stave pokoja. Pre koniec stavu prenosu ručne stačí túto žiadosť zrušiť.
- Stav pokoja je okrem toho, že je nastavovaný pri ukončení pohybov, tiež nastavený, ak je zistené, že nie je žiadny zo stavov aktívny.

Samotný pohyb je rozdelený do troch fáz:

- Chod prázdneho VM.
- Chod VM s nákladom.
- Chod VM do pokojovej polohy.



Obr. 19 Volania z FC5 Stavby automatu, väčšina z nich je podmienená

Ďalšie funkcie vykonávané FC5:

- Mazanie prioritného programu pomocou funkcie FC329, ak príde žiadosť pre reset prednostného spracovania zaslaná z počítača
- Vyhľadá prioritné koše funkciou FC331, ktorej výstup je použitý do vyhľadávania vhodnej kombinácie košov pre spoločné tepelné spracovanie či už normálne (štvorica) alebo prioritné (≥ 4) pomocou FC1200. Táto funkcia má za následok vyhovieť jednej z podmienok pre prenos košov zo skladu na dopravníky.
- Zisťovanie povolenia zaväzať menší počet košov na dopravník IN34, využívaný FC1200. Je ovplyvnené povolením daným z PC, vstupom na dopr INOUT12, kontrolou či je IN34 voľný a či sa MM2 neplní.
- Zisťovanie, či je dopravník IN12 prázdny, čo sa využíva ako podmienka pri prenose košov zo skladu na dopravník IN12
- Softvérová kontrola snímačov na dopravníkoch, teda či je dopravník obsadený košmi, využíva sa pri prenose košov z dopravníkov na sklad.
- Spustenie funkcie pre vyhľadávanie prioritného výstupu zo skladu funkciou FC350
- Kontrola chyby materiálového toku, ktorá nastáva vtedy ak je na nejakej pozícii výstupného dopravníku OUT34 zmätočná informácia o tom či je na nej kôš alebo nie. Zúžitkovaná je pri prenose košov z dopravníka na sklad pomocou VM
- Spúšťa FC317, ktorá povoľuje zavážanie, čo sa využíva pri presune košov na sklad a tiež sa táto informácia posielá do dátového bloku s údajmi pre PC – DB400

5.1.4 FC8 a FC9 Stavby automatu MM1 a MM2

Stavy malých manipulátorov:

- Stav pokoja
- Vypratávanie
- Plnenie
- Ručný chod

Úlohy funkcií: kontrola, či je dopravník prázdny, či je pripravený aspoň jeden kôš, vypratávanie pecí, plnenie pecí.

Vypratávanie pece je robené v krokoch:

- žiadosť pece k vyprataniu
- vypratanie pece
- koniec vypratávania.

Požiadavka k vypratávaniu je spustená ak je tepelný proces ukončený, pec je v automatickom režime, v peci je aspoň jeden kôš, na dopravníku OUT nie je žiaden kôš a neprebíha premiestňovanie z neho veľkým manipulátorom. Vypratávanie pece je započaté s podmienkou, že je stav manipulátora v pokoji, je funkčný hardware a je udaná žiadosť o vypratávanie. Koniec nastane ak je pec prázdna. Analogicky to vyzerá pre všetky pece.

Plnenie pece je rozdelené:

- žiadosť pece k zaplneniu
- plnenie, koniec plnenia
- uzavretie pece a spustenie procesu pece

Pre požiadavku je nutné, aby bola pec v automate, aby na dopravníku bol aspoň jeden kôš plnenie už neprebíhalo, hardware pece bol v poriadku, pec bola otvorená a prázdna. Plnenie môže začať po zistení, že je manipulátor v pokoji, má funkčný hardware a prešla žiadosť o zaplnenie pece. Koniec nastane, keď je ukončený prenos košov, čím sa spolu so zistením, že je v peci aspoň jeden kôš, spustí zatváranie pece. Zatváranie pece je úspešné keď príde signál, že je jedno aj druhé krídlo pece zatvorené, čím sa spustí ďalšia časť plnenia a to spustenie procesu pece. Spustenie je kontrolované rezervou zatvorenia dvier a nábeh je oneskorený o desať sekúnd.

FC9

Obsahuje kontrolu na preplnenosť skladu. Zaplňovanie a vyprázdňovanie pece je rovnaké ako pri FC8 s rozdielom, že sa kontroluje či je na pozícii dopravníka kôš. Tiež obsahuje prevod z analógových výstupov na premenné typu word.

5.1.5 FC3 – vstupné podmienky veľkého manipulátora.

Vyhodnocuje snímače prislúchajúce k VM.

Prepisuje snímače polôh veľkého manipulátora do dátových blokov. Ide o krajné polohy v osiach x, y, z, krajné polohy otáčania chápädla, snímač spodnej palety. Umožňuje odblokovanie polôh pomocou výstupov QB92 – QB94, ktoré sú napojené na ET200 s Profibus adresou 30.

Ďalšia významná vec je ukladanie hodnôt zo vstupov PIW264 – PIW312 do merkerov MW818 – MW898, ktoré majú význam informácie o stave a polohe v jednotlivých osiach.

Vstup z VM	Merker v PLC	Význam
PIW264	MW818	VM os X
PIW280	MW838	VM os Y
PIW296	MW858	VM os Z
PIW376	MW878	Chápadlo VM
PIW312	MW898	Otočenie VM

Taľka 1 Vstupy z VM

Kontrolovanie 7. bitu zo vstupov ôs (M818.7, M838.7, M858.7), chápadiel (M878.7) a otočenia (M898.7), ktorých pravdivostné hodnoty majú význam stavu pohonov, ak je všetko v 1, nastaví sa DB400.DBX11.1 „Pohony VM v poriadku“, rovnaká podmienka s pridaním M879.2 „Chápadlo VM nastavené“ a M899.2 „Otáčanie VM nastavené“ sa nastaví M3.1 „Hardware funkčný a chápadlá aj otáčanie nastavené“. Zisťovanie prítomnosti košov na dopravníku OUT12 musia byť 4 a na dopravníku OUT34 aspoň jeden, čo nastaví DB40.DBX2.2 „Stavy VM. Dopravník OUT12 plný“ pre OUT12 a DB40.DBX4.5 „Stavy VM. Dopravník OUT34 plný“

5.1.6 FC4, FC24 – vstupné podmienky pre MM1 a MM2

Zapíše hodnoty krajných polôh a odblokovania ôs a chápadiel do dátových blokov DB51, DB95, DB96. Hodnoty z analógových snímačov pre polohu, ktoré sú umiestnené vo frekvenčných meničoch, prevedie do premenných typu word. Ďalej zistí, či sú pozície v peciach 1 až 4 voľné alebo nie.

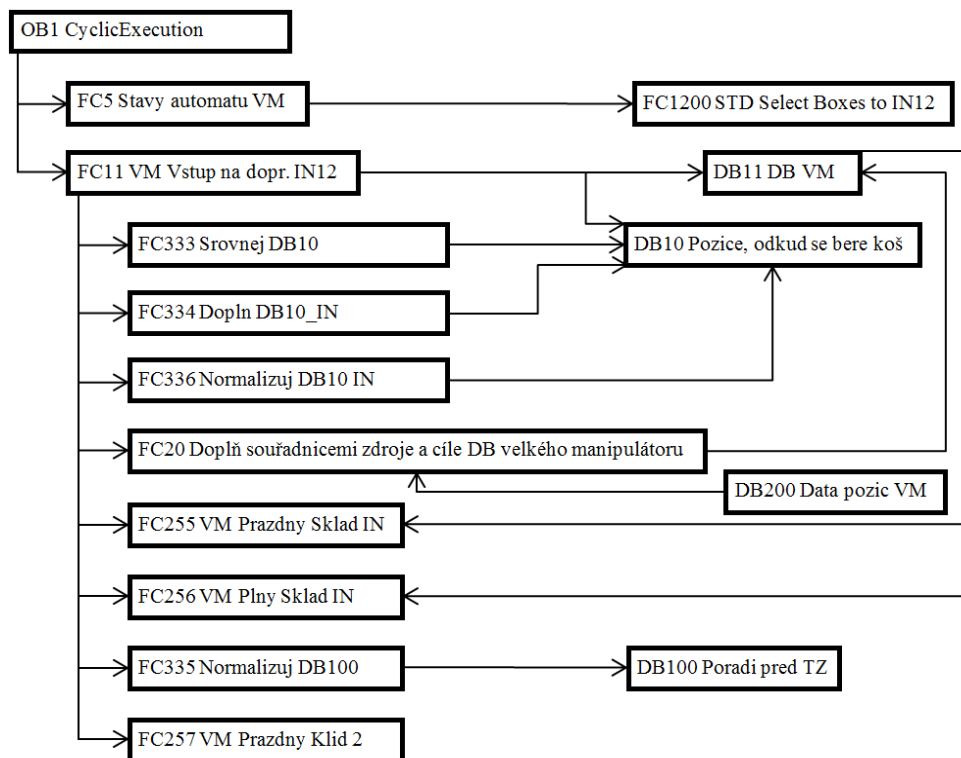
FC24 – vstupné podmienky pre MM2.

Je rovnaká, s rozdielom, že príkazy vykonáva pre manipulátor MM2. Zapisuje tiež do DB51.

5.1.7 FC11 – vstup na dopravník IN12 pre VM

Funkcia je veľmi podobná FC13, FC21, FC22 preto jej bude venovaná väčšia pozornosť než ďalším ako ukážkový typ týchto funkcií. Funkcia je naštartovaná z DB40.DBX1.5 „Stavy VM. VM stav prenos na IN12“. Pozície odkiaľ sa budú brať koše MW1210, MW1212, MW1214 a MW1216, ktoré boli vyplnené funkciou FC1200 „FC1200 STD Select Boxes to IN12“, ktorá je vyvolaná s FC5. Hodnoty sú presunuté do DB10 „Pozícia, odkiaľ sa berie koš“. DBW0 – DBW12 pozícia odkiaľ 1 – 4. Tieto hodnoty sú usporiadané pomocou FC333 „Zrovnaj DB10“, ktorá usporiada hodnoty v DB10, tak, aby boli párne skôr a čísla zrovnané od väčšieho k menšiemu, aby boli zobrazené najprv horné koše. Doplňa sa pozície dopravníka IN12 116 a 117 do DB10 funkciou FC334. Následne sú prvé dve hodnoty word, z DB10 prevedené do dátového bloku pre cieľ manipulátora DB11. Pozícia, odkiaľ sa berie koš, je pridaná do cieľov prázdneho manipulátora DB11.DBW40, pozícia kam sa ukladá koš do pozícií plného manipulátora DB11.DBW58. Funkciou FC336 „Normalizuj DB10 IN“ sa upraví DB10, tak, aby bola ďalšia poloha presunutá do vyšších pozícií, pretože sa pracuje len s prvou pozíciou, odkiaľ sa bude brať koš a druhou, kam sa uloží koš. Prevedenie cieľov v DB11 do súradnicového systému veľkého manipulátora, prevedením z DB200, kde sú uložené pozície priestoru tohto manipulátora pomocou FC20.

Ďalej nasleduje pohyb prázdneho manipulátora zo skladu na vstup IN12, funkcia FC255. Potom nasleduje presun z dopravníka IN12 na sklad funkciou FC256. Zakončenie je pohybom do kľudu 2 v sklade, FC257, čo je pokojová poloha blízka vstupnému dopravníku IN12. Následne sa zisťuje, či je ešte pozícia v DB10, ak je vracia sa späť na krok, kedy sa presúvajú pozície z DB10 do DB11.



Obr. 20 Volania a čítanie/zápis do dátových blokov v FC11 „Vstup na dopr. IN12“

5.1.8 FC13 – výstup z dopravníka OUT12 pre VM

Ako prvé sa vyhľadávajú voľné miesta s FC337, doplnia sa do DB10 pomocou FC338. Uloží pozície zdroja a cieľov manipulátora do dátového bloku manipulátora DB11. FC339 Normalizuje DB10. FC20 doplní súradnice zdroja a cieľa VM. Funkciou FC260 prejde z prázdneho skladu na výstupný manipulátor OUT12, potom naberie kôš a ide na sklad, FC261. A nakoniec prázdny do pokoja FC262.

5.1.9 FC21 – vstup na dopravník IN34 pre VM

Prakticky rovnaké ako FC 11 pre dopravník IN12, ale určené pre dopravník IN34.

5.1.10 FC22 – výstup z pece na dopravník OUT34 pre VM

Takmer totožné ako FC13 pre dopravník OUT12, ale určené pre dopravník OUT34.

5.1.11 FC150 – vstup do skladu pre VM

Ak je nastavený prenos VM do skladu a dáta o košoch sú v PC začne sa s prevzatím košov do skladu. Zapiše sa čas vstupu košov do skladu. Začne sa vyhľadávať vhodné miesto na sklade, pričom sa najprv hľadajú horné pozície na košoch, ktoré majú rovnaký program v peci pomocou FC321. Tá tiež nájde miesto odkiaľ sa má kôš brať. Ak nie je takáto pozícia nájdená začne sa hľadať úplne voľné miesto v sklade funkciou FC320. Ak je horná pozícia alebo voľné miesto nájdené, je údaj zapísaný do cieľov veľkého manipulátora. Potom sa cieľ pretransformuje na súradnicový systém manipulátora funkciou FC20. Zložený štandardne 1. prázdny, 2. plný, 3. do pokoja.

5.1.12 Funkcie pohybov VM FC255 - FC272

Tieto funkcie sa používajú pri prenosoch košov veľkým manipulátorom. Sú si podobné, pričom hlavné rozdiely spočívajú v používaní iných priestorov (skladu, dopravníkov, vstup, výstup) s ktorými pracujú, z čoho vyplýva, že používajú iné dátové bloky a inak presúvajú medzi nimi dáta. Sú to vlastne časti jedného pohybu rozfázovaného do troch: pohyb prázdneho manipulátora, pohyb plného (kedy už chytí kôš) a pohyb do pokojovej polohy.

- FC255, FC256, FC257 – Pohyby zo skladu dopravníky INx.
- FC260, FC261, FC262 – Pohyby z dopravníkov OUTx na sklad.
- FC265, FC266, FC267 – Prenos košov zo skladu na výstup.
- FC270, FC271, FC272 – Pohyby pre prenos košov z vstupu do skladu.

5.1.13 Vstupy a výstupy do a z pecí manipulátormi MM1 a MM2

FC15 – riadi vstup do pecí 1 – 4 pre MM1

Pracuje podobne ako presuny VM. Je spúšťaný s funkcie FC8 Stavby automatu MM1, ktorá nastaví prvý krok. Ďalej sa uložia pozície do DB20, doplnia sa súradnice, predtým ak už je niektorý kôš presunutý sa DB20 normalizuje, čo je vymazanie nulových prvých polôh, nasleduje presun na dopravník INx, spustí sa FC35, ktorá pracuje s pohybmi, manipulátor chytí, a začne presúvanie do pece, následne do pokojovej polohy, ak je treba celý proces sa opakuje. Rovnako funguje aj FC16 pre manipulátor MM2.

FC 17 – výstup z pecí 1-4 pre MM1.

Zistí sa odkiaľ a kam sa ide pre všetky palety, FC380. Prvá paleta do DB21, Doplnenie súradnic do DB21 pomocou FC373. FC384 presunie prázdny MM1 do pece. Presunie plný MM1 na dopravník OUT. Uvoľní OUT v priestore MM1. Prejde manipulátor do pokojovej polohy FC377. Rovnako FC18 pre MM.

PECE

FC71 až FC76 – koniec spracovania pre pece 1 až 6

5.1.14 RÉŽIAVM

FC295 – zbiera stavy pre VM a ak môže zaháji presun v jednotlivéj osi.

FC320 – Vyhľadáva prvé voľné miesto na sklade.

FC321 – Hľadanie pozície s nepárnym označením, keďže ide o označenie spodných košov. Musí mať rovnaké číslo výrobku a ďalšia pozícia označená párne, musí byť voľná. Ak sa takáto funkcia nájde, takáto pozícia je posunutá ako návratová hodnota.

5.1.15 FC600, FC700, FC800 – riadenie pohybov pre VM, MM1 a MM2

Sú to funkcie, ktoré obsluhujú funkčné bloky FB1 – FB9, čo sú jednotlivé bloky pre prácu s tým ktorým frekvenčným meničom, každý FB prislúcha jednému pohybu jedného manipulátoru. Každá funkcia prislúcha jednému manipulátoru. Napr.: FC800 je funkcia pohybov VM, obsluhuje FB 5 – FB 9 a každé FB obsahuje obsluhu jedného frekvenčného meniča, napr.: FB5 – os x veľkého manipulátora, FB9 otáčanie VM... Tieto funkcie sú nastavované z jednotlivých pohybov presunov. Samotné spúšťanie prebieha v OB1, ak však nie sú nastavené, tak neprebehnú.

5.1.16 FB 5, FB6, FB7, FB8, FB9 riadenie frekvenčných meničov osí, úchopu a otočenia VM

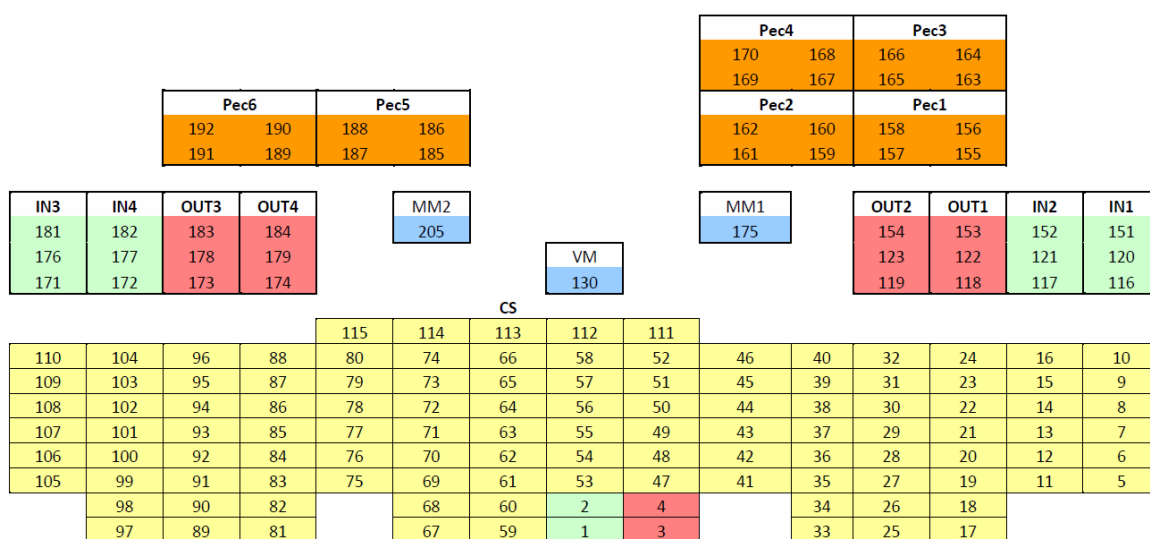
Ako príklad bude uvedený blok FB5, ktorý je určený pre os x VM, ostatné sú takmer totožné. Tento riadi dáta určené pre menič pre osi x VM. Je volaná z FC800 pohyby VM, kde sú do neho posielané premenné pre riadenie a to: ručné riadenie, ručne vľavo, ručne vpravo, kvitácia, spust' akciu, zastav akciu, takt, pozícia cieľ, tolerancia, dĺžka pulzu, oneskorenie rozjadu. Blok ich spracuje a výstupom sú merkre (viď. tab.), ktoré sú vo FC470 prepisované do výstupov pre frekvenčný menič. Blok pracuje tak, že inkrementuje, alebo dekrementuje hodnotu, ktorá je posielaná do meniča ako hodnota pohybu, pričom kontroluje, či je nenastane zastavenie. Tiež funguje na ručné ovládanie linky ako prostredník medzi vizualizáciou ovládanou obsluhou a meničom.

M804.0	Rezerva bit 08
M804.1	Zablokovať menič bit 09
M804.2	Chyba externá 10
M804.3	Reset chyba bit 11
M804.4	Rezerva bit 12
M804.5	Rezerva bit 13
M804.6	Rezerva bit 14
M804.7	Rezerva bit 15
MD812	Cieľová suradnica X VM

Tabulka 2 Dáta ovládajúce VM

5.1.17 DB300 – pole pozícií skladu VM

Priestor pozícií skladu, prvých pozícií dopravníkov (zo strany skladu) a tiež priestor pre vstup a výstup paliet všetko pre VM. Sú tu uložené údaje o košoch, nazývané vizitky, ktoré sú fyzicky na týchto miestach. V prípade potreby je možné v režime online programu Step 7 odsledovať tieto pozície a zistiť ako funguje materiálový tok, či sa nedejú neštandardné presuny, kompletizácie a rôzne úkony, ktoré sú v bežnom fungovaní považované za poruchy. Pole pozícií skladu obsahuje dve pozície pre jedno miesto v sklade. Párne pre vrchný kôš, nepárne pre kôš spodný. Pozície 116 a 117 sú vstupné pozície na dopravníkoch IN12, sem sa dávajú koše, ktoré sú ďalej posúvané po dopravníkoch, obdobné sú pozície 171 a 172 pre IN34 a samozrejme výstupné pozície na dopravníkoch 118 a 119 pre OUT12, 173 a 174 pre OUT34. Pozície 1 a 2 sú dva koše na vstupnom mieste skladu, ekvivalentom sú pozície pre výstup 3 a 4. Pozícia s číslom 130 je pozícia VM, čo je pozícia, kde je manipulátor v stave pokoja.



Obr. 21 Pole pozícií celého skladu s priestormi pecí, manipulátorov i dopravníkov

36.0	Poz[1].HodTZ	TIME_OF_DAY	TOD#0:0:0.000	TOD#0:0:0.000	Čas výstupu z pece (čas uložení ve skladu)
40.0	Poz[2].CB	INT	0	0	Číslo bedny
42.0	Poz[2].TranDavka1	DWORD	DW#16#0	DW#16#1	Označení transportní dávky/označení zakázky-část 1
46.0	Poz[2].TranDavka2	DWORD	DW#16#0	DW#16#6	Označení transportní dávky/označení zakázky-část 2
50.0	Poz[2].Vykovek1	DWORD	DW#16#0	DW#16#12	Označení výkovku včetně verze-část 1
54.0	Poz[2].Vykovek2	DWORD	DW#16#0	DW#16#13	Označení výkovku včetně verze-část 2
58.0	Poz[2].TepZprac1	DWORD	DW#16#0	DW#16#14	Číslo tepelného procesu - část 1
62.0	Poz[2].TepZprac2	DWORD	DW#16#0	DW#16#15	Číslo tepelného procesu - část 2
66.0	Poz[2].Priorita	BYTE	B#16#0	B#16#3	0 = bez priority
67.0	Poz[2].Stav	BYTE	B#16#0	B#16#3	0 = tepelně nezpracováno
68.0	Poz[2].Den	DATE	D#1990-1-1	D#1990-1-1	Den vstupu do systému
70.0	Poz[2].Hod	TIME_OF_DAY	TOD#0:0:0.000	TOD#0:0:0.000	Čas vstupu do systému
74.0	Poz[2].DenTZ	DATE	D#1990-1-1	D#1990-1-1	Den výstupu z pece (den uložení ve skladu)
76.0	Poz[2].HodTZ	TIME_OF_DAY	TOD#0:0:0.000	TOD#0:0:0.000	Čas výstupu z pece (čas uložení ve skladu)
80.0	Poz[3].CB	INT	0	0	Číslo bedny

Obr. 22 40 – 76 záznam jednej pozície v DB300

5.1.18 DB116 až DB119 a DB124 až DB127 pozície dopravníkov

Rovnaký význam ako DB300, ale pre stredné pozície (120 – 123 a 176 – 179) na dopravníkoch, čo sú jediné miesta kam sa nedostáva žiaden z manipulátorov:

- DB116 pre IN1
- DB117 pre IN2
- DB118 pre OUT1
- DB119 pre OUT2
- DB124 pre OUT4
- DB125 pre OUT3
- DB126 pre IN4
- DB127 pre IN3

5.1.19 DB301 a DB311 pozície v priestore malých manipulátorov

DB301 pozície pre malý manipulátor 1:

- pokojová 175
- v peciach: 155 – 170
- na dopravníkoch 151 – 154

DB311 pozície pre malý manipulátor 2:

- pokojová 205
- v peciach: 185 – 192

- na dopravníkoch 181 – 184

5.1.20 FC801 Bezpečnosť VM

Obsahuje bezpečnosť pre VM, aby nevykonával viac akcií naraz. To je nežiaduce z dôvodu, že sklad neumožňuje voľný pohyb ani v hornom priestore, kde sú trámy a svetlá a v dolnom zasa môžu byť dva koše na sebe. Treba pohybovať v jednotlivých osiach postupne, pričom sa nastavujú dve osi postupne pre pohyb v ďalšej osi.

Tiež funkcia vyhodnocuje hodnoty polohy z frekvenčných meničov, aby boli v povolených medziach. Ak by tak nebolo mohol by manipulátor narážať, alebo vnikáť do priestorov, kde je to nežiadané.

5.1.21 FC1200 plánovanie

Plánuje výber štvorice, tak aby ju bolo možné spracúvať naraz v peci s jedným programom bez prerušenia. To je možné vtedy, ak má kôš rovnaké číslo výrobnej dávky a číslo tepelného spracovania.

V prípade, že je nastavená priorita tepelného spracovania spáruje aj menej košov, kde stačí, len aby sa zhodovalo číslo tepelného spracovania, ktoré sú potom spracúvané v peci 5 a 6.

5.1.22 DB Plány trás

DB10, DB11 – určuje ciele a plán trasy pre VM. Je tu uložený plán pre 4 palety. Obsahuje pozíciu odkiaľ, kam a plán trasy pre VM. V druhom je uložené aktuálne odkiaľ a či drží paletu.

DB20 a DB21 – rovnaké ako DB10 a DB11 pre MM1

DB25 a DB26 – rovnaké ako DB10 a DB11 pre MM2

5.1.23 Súradnice

DB200 je blok so súradnicami pozícií priestoru VM. Údaje boli do bloku nastavené pred používaním linky, po nabehnutí základných funkcií manipulátora, nájazdmi do možných polôh a ich následným uložením.

OB100 – plní po kompletnom reštarte DB200

OB210 a OB211 – plní databázu DB210 pre MM1 a DB211 pre MM2

DB201 – obsahuje významné pozície, tiež maximálne otvorené a zatvorené chápadlá pre VM

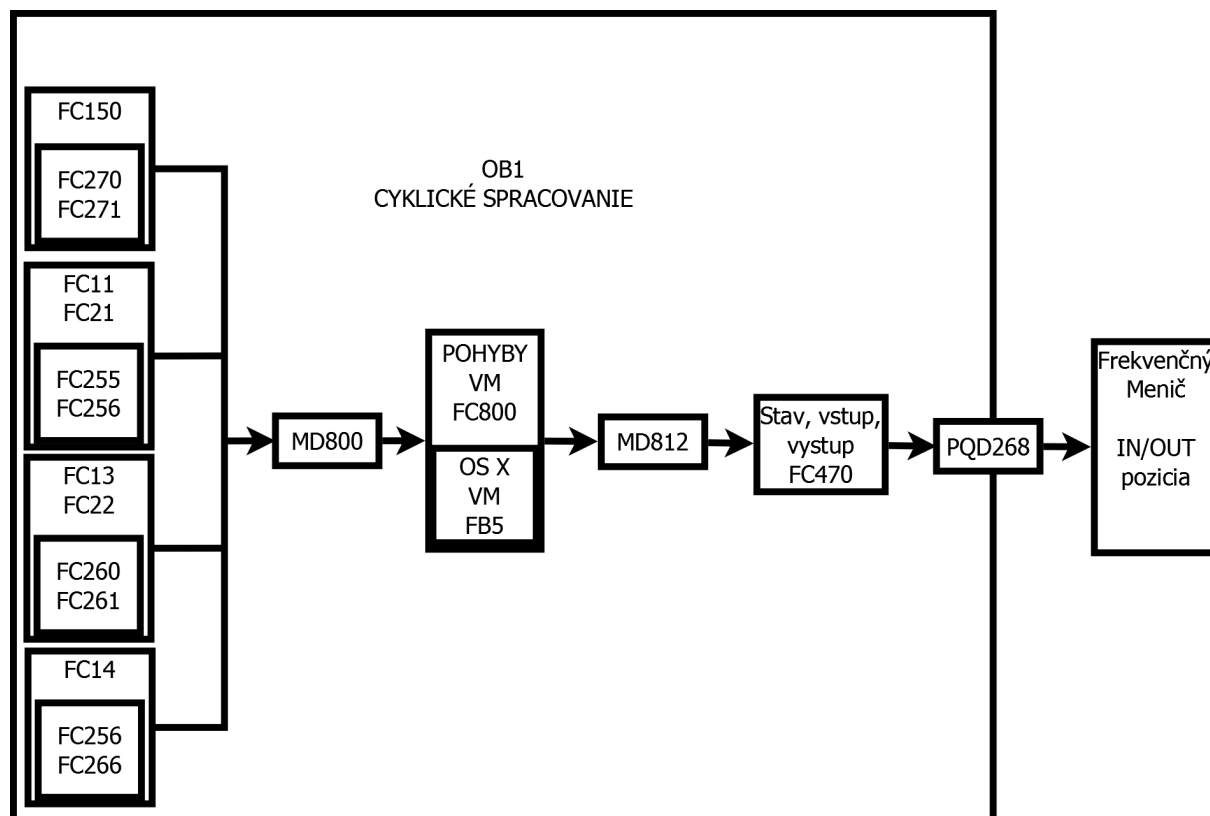
DB211 a DB213 – obsahujú pozície významné pre malé manipulátory ako maximálnu hodnotu polohy v osi z, y pre polohu nad dopravníkmi, tiež maximálne otvorené a zatvorené chápadlá.

5.1.24 Dátové bloky s poradím

DB100 – poradie paliet ako prišli na sklad, t.j. pred tepelným spracovaním

DB101 – poradie po tepelnom spracovaní

5.1.25 Trasa komunikácie s frekvenčnými meničmi.



Obr. 23 Smer signálu pre Frekvenčný menič VM osi x

V OB1 je volanie jednotlivé presuny na dopravníky FC11, FC21, FC13, FC22, do a z dopravníkov FC150 a FC14, pre obsluhu funkcie stavov automatu VM FC5, pre pohyby FC800 a pre presun hodnôt do meničov FC470. Priebeh začína zavolaním FC5 v OB1, kde sa za vyhotovenia podmienok nastaví parametre, ktoré umožnia spustiť jednotlivý prenos. V prenosoch sa obsluhujú pohyby prenosu s a bez koša, tiež do pokojovej polohy. V pohyboch sa nastavujú hodnoty pre ciele manipulátoru, ktoré spracúva FC800 s FB5 – FB9 po úprave sú hodnoty nachystané a odkomunikované v FC470 do meničov.

Pohyb VM pre:

- FC150 – Vstup do skladu
- FC11 – Vstup VM na dopr. IN12
- FC21 – Vstup VM na dopr. IN34
- FC13 – Výstup z dopr. OUT12
- FC22 – Výstup z dopr. OUT34
- FC14 – Výstup palety zo skladu

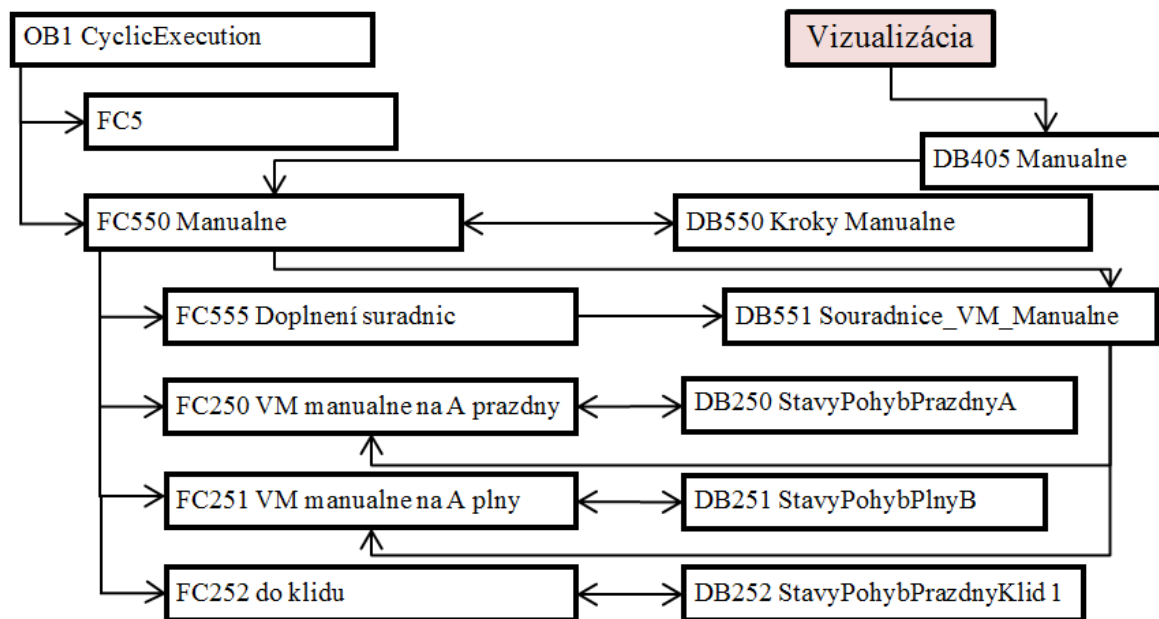
Fázy jednotlivých pohybov rozčlenené na jednotlivé časti – prázdny – plný – pokoj.

- FC270 – Prázdny vstup
- FC271 – Plný na sklad
- FC272 – Prázdny do pokoja
- FC255- Prázdny zo skladu na IN
- FC256 – Plný z IN na sklad
- FC260 – Prázdny zo skladu na OUT
- FC261 – Plný z OUT na sklad
- FC265 – Prázdny z výstupu na sklad
- FC266 – Plný zo skladu na výstup

5.2 Doplnenie funkčnosti programu

5.2.1 Presun koša v priestore skladu

Automatizovaný presun koša v sklade je žiadaná funkcia pretože, v súčasnom stave riešená ovládaním veľkého manipulátora v ručnom režime. V ručnom režime musí obsluha posúvať inkrementálne vo vizualizácii manipulátor, a po vykonaní presunu ho musia premiestniť do referenčnej polohy, čo je zdĺhavé, nekomfortné a navyše ak manipulátor nevráti do správnej polohy vznikajú chyby, ktoré sú zdrojom ďalšieho nadbytočného zdržovania. Preto vznikol režim, ktorý je v systéme linky pomenovaný ako „manuálny režim“, čo zrovna nevystihuje jeho podstatu, ale tak je to žiadané.



Obr. 24 Volania funkcií a obsluha dátových blokov pre manuálny presun

Vykonanie presunu je vyvolané z vizualizačného počítača, kedy sa zadá počiatočná a cieľová pozícia presúvaného koša. Presúvanie realizuje veľký manipulátor bez ďalšieho zasahovania obsluhy do procesu presunu. Ak manipulátor nevykonáva žiadnu činnosť a je zadaná požiadavka na presun, prázdny manipulátor prejde na počiatočnú pozíciu, zovrie chápädla, čím chytí kôš, presunie sa do cieľovej pozície, otvorí chápädla a zájde do pokojovej pozície.

V PLC programe je tento presun realizovaný štandardne v pohybe rozfázovanom na tri časti: prázdny na miesto, plný na cieľ, prázdny do pokoja, pričom o zovretie chápadiel sa starajú jednotlivé pohyby.

Na realizáciu bolo potrebné integrovať možnosť manuálneho pohybu do vizualizácie a do funkcie obsluhujúcej VM FC5, napísať funkciu pre pohyb FC550, obsluhu jednotlivých častí pohybov FC250, FC251, FC252 a tiež režijné funkcie pre prácu so súradnicami FC555 a presun vizitiek FC422 a FC423.

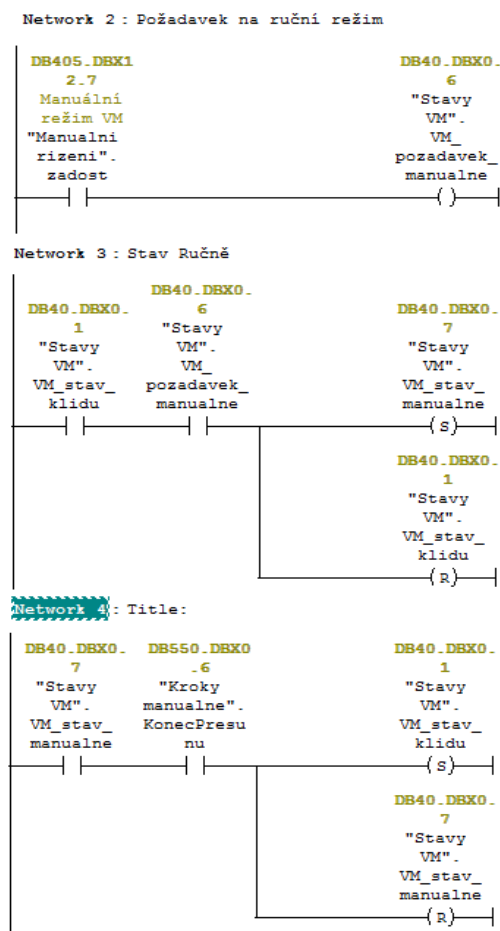
FC5

Podobne ako v prípade ostatných pohybov sa výber a rozhodovanie o vykonávanom pohybe odohráva vo funkcii FC5. Z požiadavky DB405.DBX12.7 „Manuálny režim“ „Manualnirizeni.zadost“ vyvolanej vizualizáciou sa nastaví DB40.DBX0.6 „Stavy VM“.VM_pozadavek_manualne“.

S požiadavkou a s kontrolou či sa nachádza VM v pokojnom režime „Stavy VM.VM stav klidu“ DB40.DBX0.1 sa resetuje stav pokoja a nastaví DB40.DBX0.7 „StavyVM.VM_stav_manualne“, ktorý je žiaduci pre vyvolanie práce funkcie „manuálne A B“ FC550.

Koniec nastane ak je nastavený stav manuálne DB40.DBX0.7 a je nastavený DB550.DBX0.6 "Kroky manualne".KonecPresunu, čo je posledný krok po vykonaní presunu vo funkcii FC550.

Princíp rozdelenia do jednotlivých „sekvencií, či krokov“ je použitý naprieč celým programom a je využívaný všade, kde je potreba výhodne najmä pri jednotlivých pohyboch, kde je žiaduce, aby jedna časť pohybu bola skončená predtým než začne ďalšia.



Obr. 25 Postup žádosti o presun v FC5

FC550 – manuálně z A na B

Presun je rozdelený do krokov, pričom žiaden ďalší krok nenastane, pokiaľ nie je ukončený predchádzajúci. Aktuálny krok je zapisovaný do DB550, kde sú uložené bool premenné, ktorých hodnota true symbolizuje krok, ktorý práve prebieha.

Jednotlivé kroky:

0. Vynulovanie:
 - DB550, ktorá slúži na zápis aktuálne prebiehajúceho kroku v FC550.
 - DB250, kde sú uložené stavy pohybu manipulátora pre pohyb z počiatočného miesta na miesto A odkiaľ sa bude kôš presúvať.
 - DB251 pre stavy presunu z pozície A do cieľovej pozície B, kam sa bude presúvať kôš.
 - DB252 pre stavy presunu manipulátora do pokoja.
1. Presunutie údajov o pozíciách (len prostý číselný záznam bez ďalších pridaných údajov), pre presun A a B z DB405.DBW0 a DB405.DBW2, kde boli zapísané vizualizáciou do DB551, ktoré slúži pre uloženie pozícií a vlasne aj súradníc, otočenia a zovretia pozícií presunu.
2. Doplnenie súradníc x, y, z, otočenie, zovretie do DB551 pre obe polohy presunu, pomocou funkcie FC555, ktorá ich zoberie z DB200, kde sú uložené súradnice VM pre jednotlivé polohy. Fungovanie je zabezpečenie jednoduchým kopírovaním z jedného DB do druhého pomocou presúvania pointermi na pozície.
3. Spustenie funkcie pre pohyb prázdneho manipulátora na pozíciu FC250 používajúcej DB250

na ukladanie aktuálneho kroku pohybu. Táto funkcia, tak ako aj FC251 a FC252, zapisuje do merkerov súradníc, otáčania a zovretia chápadiel MD800, MD820, MD840, MD860, MD880 pre pohybovú funkciu veľkého manipulátora FC800, ktorá sa ďalej stará o posielanie a prijímanie signálov od frekvenčných meničov pohonov pre každý z pohybov (viď. Obr. 21 *Smer signálu pre Frekvenčný menič VM osi x*).

4. Prenos naloženého manipulátora do cieľovej polohy B, funkciou FC251, kroky sú zapísané v DB251.
5. Presun prázdneho manipulátora do pokojovej polohy funkciou FC252, kroky v DB252.
6. Ukončenie presunu.
7. Vynulovanie DB550, DB251 a DB252.

FC555

Funkcia, ktorá otvorí DB551, kde už sú vopred 2 údaje zapísané z vizualizácie a to pozície odkiaľ a kam (len ako čísla pozícií). Zoberie prvú pozíciu, čo je „odkud“, t.j. miesto A, odkiaľ sa bude presúvať, uloží ju do lokálnej premennej, následne odpočíta 1 (pretože štruktúra blokov je číslovaná od 0 a pozície od 1) a vynásobí 128 (t.j. 4 súradnice x, y, z, otočenie (chápadlá sú nastavované z DB201, kde sú uložené niektoré prednastavené pozície a keďže otvorenie a zatvorenie chápadiel je všade rovnaké je tu) uložené ako DINT, ktorý má 4byte, teda 4 súradnice x 4 byte x 8 bitov = 128 bitov posun na jednu pozíciu) čo dá riadok z DB200, kde je začiatok uložených súradníc všetkých pozícií skladu, ktorý je vyžadovaný, konkrétne súradnica x. Hodnota sa uloží do lokálnej premennej typu double integer (DINT) #x vykoná sa posun o 4byty (veľkosť DINT) a uloží sa do #y, ďalej #z a #otoc. Tým sú všetky súradnice pozície „odkud“ v lokálnych premenných a môže sa začať ich zápis do DB551. Otvorí sa DB551, vytvorí sa pointer s hodnotou 42 (čo je miesto kde začínajú údaje o súradniciach) a následne sa na toto miesto uloží prvá súradnica (x), z lokálnej premennej #x. Rovnako sa vykoná aj pre y, z a otočenie. Celý postup sa zopakuje pre cieľovú polohu, samozrejme s úpravou riadkov odkiaľ a kam sa zapisujú súradnice.

```

OPN    "Souradnice_VM_Manualne"    DB551

L      P#40.0
T      #Pointer_Odkud                #Pointer_Odkud
L      DBW [#Pointer_Odkud]          #Pointer_Odkud
T      #Pozice_Odkud                #Pozice_Odkud

OPN    DI    200

L      #Pozice_Odkud                #Pozice_Odkud
L      1
-I
L      128
*D
T      #Pointer1                    #Pointer1
L      DID [#Pointer1]              #Pointer1
T      #x                           #x
L      P#4.0
L      #Pointer1                    #Pointer1
+D
T      #Pointer1                    #Pointer1
L      DID [#Pointer1]              #Pointer1
T      #y                           #y

```

Obr. 26 Útržok kódu pre načítanie súradníc (pre x a y)

FC250 – VM manuálne na A prázdny

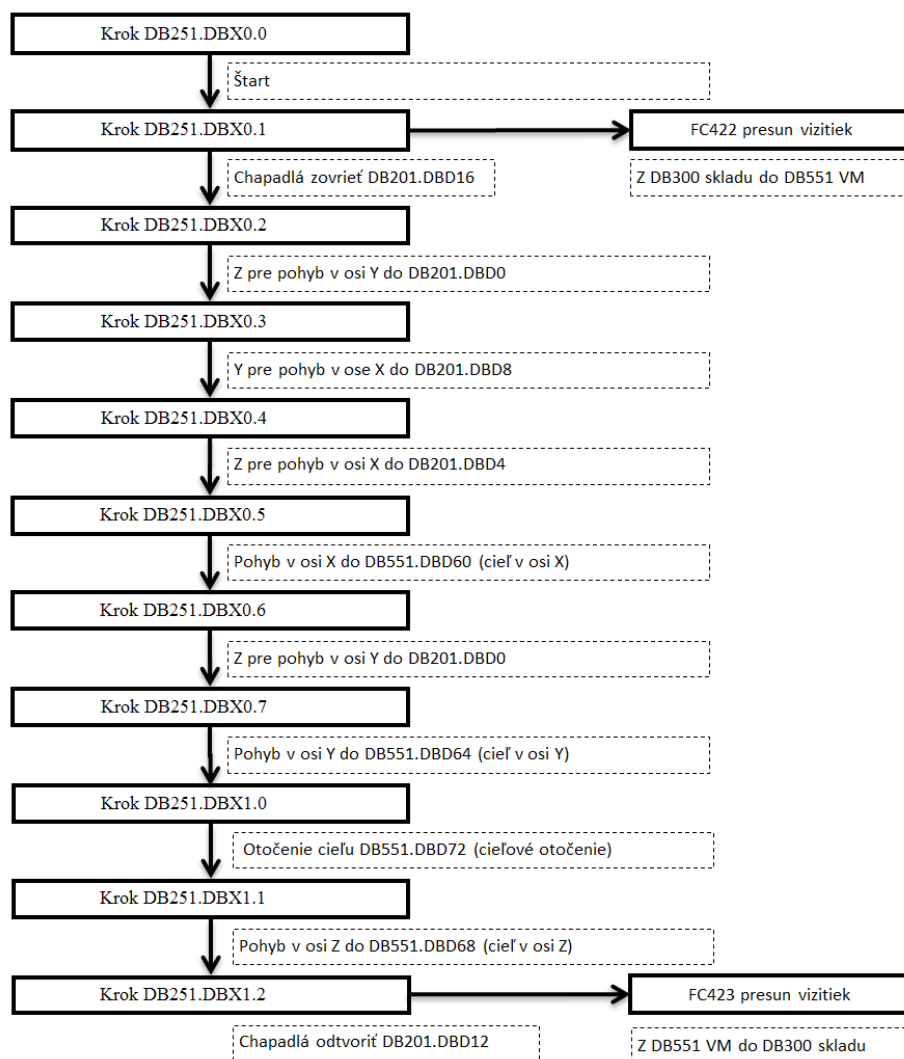
Funkcia je spustená z FC550 podmieneným volaním z FC550. Podmienka DB550.DBX0.3 „Kroky manualne".Start_Klid_Misto_A“ je nastavená po vykonaní doplnenia súradníc FC555,

spolu s podmienkou DB250.DBX0.0 „StavyPohybPrazdnyA".StartKlid_Vstup“, čo je prvý krok samotnej sekvencie krokov presunu FC250, ktorého starosť je len naštartovať funkciu, spustiť podmienku ďalšieho kroku DB250.DBX0.1, a vyresetovať seba a tiež vstupnú podmienku.

Podmienka DB250.DBX0.1 nastaví do MD880 „Otáčení VM.Cíl_OT_VM“, čo je hodnota, ktorá sa používa v FC800 pre pohyb otáčania a po úprave pre nastavovanie hodnôt otáčania v meniči, hodnotu súradnice z DB551.DBD54 „Otoceni zdroje“, ktorá bola nastavená v predchádzajúcej funkcii pohybu FC555 spolu s ďalšími súradnicami. Tiež nastaví DB250.DBX1.4 „StavyPohybPrazdnyA".Akce_OTOC“, ktorá je vo funkcii FC295 „Součet akcí VM“ spolu s kontrolami Reset VM, Porušenie bezpečnosti, M818.7 „X_VM_OK“ vyvolá DB295.DBX0.0 „Akce VM. Akce_X“ a tá je potrebná v FC800 pohyby v x pre VM a tiež vo funkcii FC801 čo je funkcia kontrol bezpečností VM. Pred začatím ďalšieho kroku je kontrolovaná premenná M896.4 „Konec_OT_VM“, ktorá je aktivovaná v FC800 po skončení pohybu a signalizuje, že sa otáčavý pohyb VM skončil. Ak je tak, ukončí sa aktuálny krok a nastaví sa ďalší s rovnakým postupom, ale pre pohyb osi x, následuje rovnakým spôsobom pohyb v osi z, ktorý je prispôbený pre následný pohyb y, teda VM vystúpa do určitej výšky, aby bol nad úrovňou dvoch košov, ale pod úrovňou stropových prekážok v smere tohto pohybu. Následuje samotný pohyb v smere y (t.j. v smere dlhšej strany skladu). Prichádza na rad rozovretie chápadiel, čo je vlastne už situácia kedy, je manipulátor už nastavený nad košom a je potrebné, aby nezovreté chápadlá obklúčili kôš. Posledná akcia je zostup v osi z, kde je teda už VM v úrovni umožňujúcej prebratie košu. Ako posledný krok je setovanie DB250.DBX0.7 „StavyPohybPrazdnyA.KonecKlidVstup“, čo je signál konca presúvania VM do polohy bez nákladu, funkcia je týmto ukončená. Tento signál je ďalej používaný v FC550 ako funkcii, ktorá obstaráva spúšťanie ďalších činností, v ktorej setujú DB251.DBX0.0 „StavyPohybPlnyB.StartPlnehoSklad“ ako úvodná podmienka pre ďalší pohyb a DB550.DBX0.4 „Kroky manualne.Start_MistoA_MistoB“, čo je ďalší krok v FC550, tiež sa resetujú DB550.DBX0.3 „Kroky manualne.Start_Klid_Misto_A“ premenná predchádzajúceho kroku a tiež sa resetuje DB250.DBX0.7 „StavyPohybPrazdnyA.KonecKlidVstup“, čo je posledný krok vo funkcii FC250 „VM manualne na B plný“.

FC251 – VM manuálne na B plný

Táto funkcia má za následok presun koša do cieľovej polohy od momentu, kedy je manipulátor usadený okolo koša s roztvorenými chápadlami. Je spustený z FC550 nastavením premenných DB550.DBX0.4 a DB251.DBX0.0, ktoré majú rovnaký význam ako premenné, ktorými začínala predchádzajúca funkcia FC250. Fungovanie pohybov je ekvivalentné s predchádzajúcou funkciou, jeden z hlavných rozdielov sú iné pohyby osí. Ako prvé je zovretie chápadiel, s ktorým je zároveň spustené presunutie „vizitiek“ t.j. údajov ako číslo koša, transportnej dávky, označenie výkovku, číslo tepelného procesu, priorita, dátum a čas vstupu a výstupu do systému, atď., do DB551, to znamená, že kôš už nie je považovaný v sklade, ale vo VM, tiež je sledovaný vo vizualizácii, kde sa koš zobrazí chytený VM. Na tento presun je použitá funkcia FC422, kde cyklom postupne skopíruje údaje z DB300, kde sú údaje o košoch umiestnených v sklade. Následuje pohyb v osi z do výšky vhodnej pre presun v osi y, ktorá sa berie z DB201, ďalšia je y súradnica vhodná pre presun v osi y taktiež z DB201 a následuje poloha z pre pojazd v ose x rovnako z DB201, všetky tieto pohyby sú nutné kôli bezpečnému presunu VM v rámci skladu, ktorého strop neumožňuje prílišnú voľnosť pohybov z čoho je vyvodená potreba inak manipulovať s prázdny manipulatorom a inak s plným. Konečne je na rade pohyb v osi x do cieľovej súradnice x z DB551, po ňom posun v osi z umožňujúci pohyb v osi y z DB201, ďalej posun v osi y do cieľovej súradnice DB551, otočenie, pohyb dole teda v z osi z DB551, a nakoniec otvorenie chápadiel z DB201, kedy sa spustí funkcia FC423, ktorá zabezpečuje presun údajov „vizitiek“ do bloku pre sklad teda z DB551 do DB300. Po tom ako je dokončené otváranie a presun údajov, je nastavená DB251.DBX1.3, čo je indikácia ukončenia posledného kroku funkcie, FC251 je koniec funkcie a na základe tejto premennej je ďalšia obsluha vo funkcii FC550, kde tiež ukončí aktuálny krok a môže začať ďalší.



Obr. 27 Pohyb plného VM do miesta B

FC252

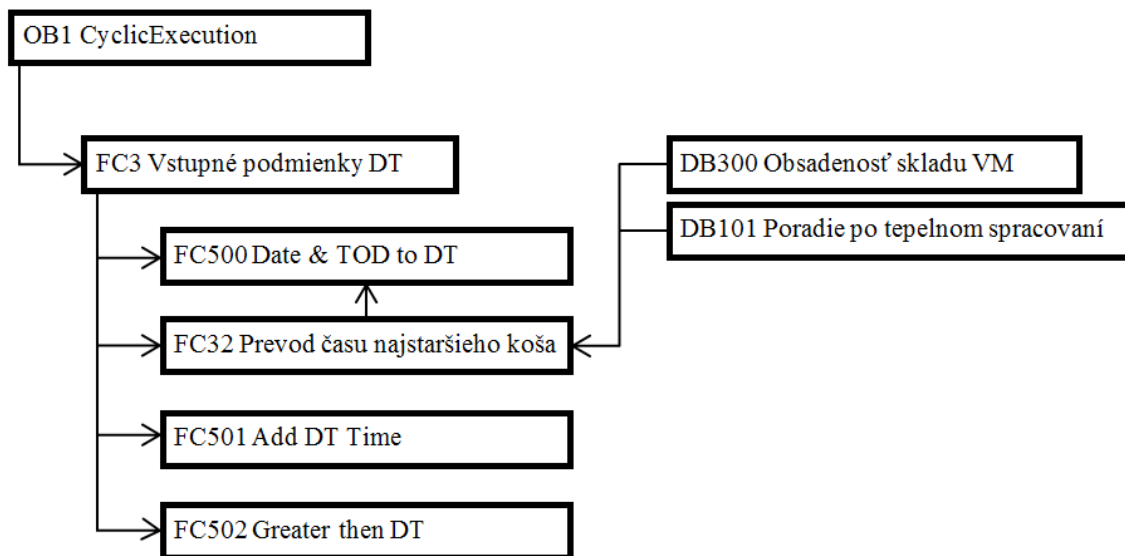
Funkcia, ktorá umiestni VM do pokojovej polohy, čo je poloha kde manipulátor vyčkáva na ďalšiu činnosť. Spustená je z funkcie FC550 ako ďalší krok po funkcii vykonávajúcej prechod plného manipulátora do cieľovej polohy t.j. polohy B, prostredníctvom premennej DB550.DBX0.5 čo je krok v FC550 a DB252.DBX0.0, čo je začiatkový krok vo funkcii FC252. Už štandardne je rozdelená do krokov a prvý je spustený z funkcie FC550, ktorá FC252 vyvoláva, ako už bolo avizované. Všetky súradnice sú brané z bloku DB201, kde sú uložené súradnice bodov, ktoré sa používajú na viacerých miestach celého programu, ako sú body v priestore pre prejazd v jednotlivých osiach a aj žiadané body kludových pozícií. Ako prvá je poloha osi z pre posun v ose y, ďalej posun v y pre posúvanie v x, posun z pre posun v ose x a nakoniec presun v ose x do pokojovej polohy. Posledný krok FC550 je vynulovanie krokov funkcie FC252 ako aj svojich t.j. DB550. Po skončení tejto funkcie je činnosť sústredená do FC550, kde sa vyresetuje posledný krok FC252, tak ako aj predposledný FC550, ktorý FC252 spúšťal.

5.2.2 Oprava času chladnutia

V prípade zmien času na letný/zimný nastáva problém s chladnutím košov, ktoré sú buď nevychladnuté, alebo zbytočne dlho zostávajú na sklade.

Výpočet doby chladnutia: FC3 je spúšťaná z OB1. V FC3 sa bezpodmienečne púšťa načítanie aktuálneho času a dátumu a jeho prevod do DT, do lokálnej premennej #RealCas, tak isto sa deje s

časom najstaršieho, ktorý je uložený do premennej #OldCas, pomocou funkcie FC32 „Prevod času najstaršieho koša DB101 na DT“, ktorá sa pozrie do DB101, kde sú postupne zapisované pozície košov, ktoré prešli tepelným spracovaním, podľa pozície vyhľadá vo „vizitkách skladu“ DB300 pozíciu a vytiahne z nej deň a čas a pomocou funkcie FC500 prevedie do formátu DT. K #OldCas sa pripočíta doba chladnutia z vizualizácie DB401.DBD2 pomocou systémovej funkcie FC501 „Add DT Time“ čím vznikne premena #Vyvezeni. Nastáva porovnanie, ak je #RealCas väčší, alebo rovný #Vyvezeni pomocou systémovej FC502 „Greather then DT“, nastaví sa binárna logická hodnota 1 do premennej #Vyvez. Na hodnotu tejto premennej je nastavená DB40.DBX2.4 „Stavy VM. Je vychladnutá paleta“, čo je podmienka, ktorá sa používa vo funkcii pre stavy VM FC5 a na základe nej je spustené vyvážanie zo skladu.



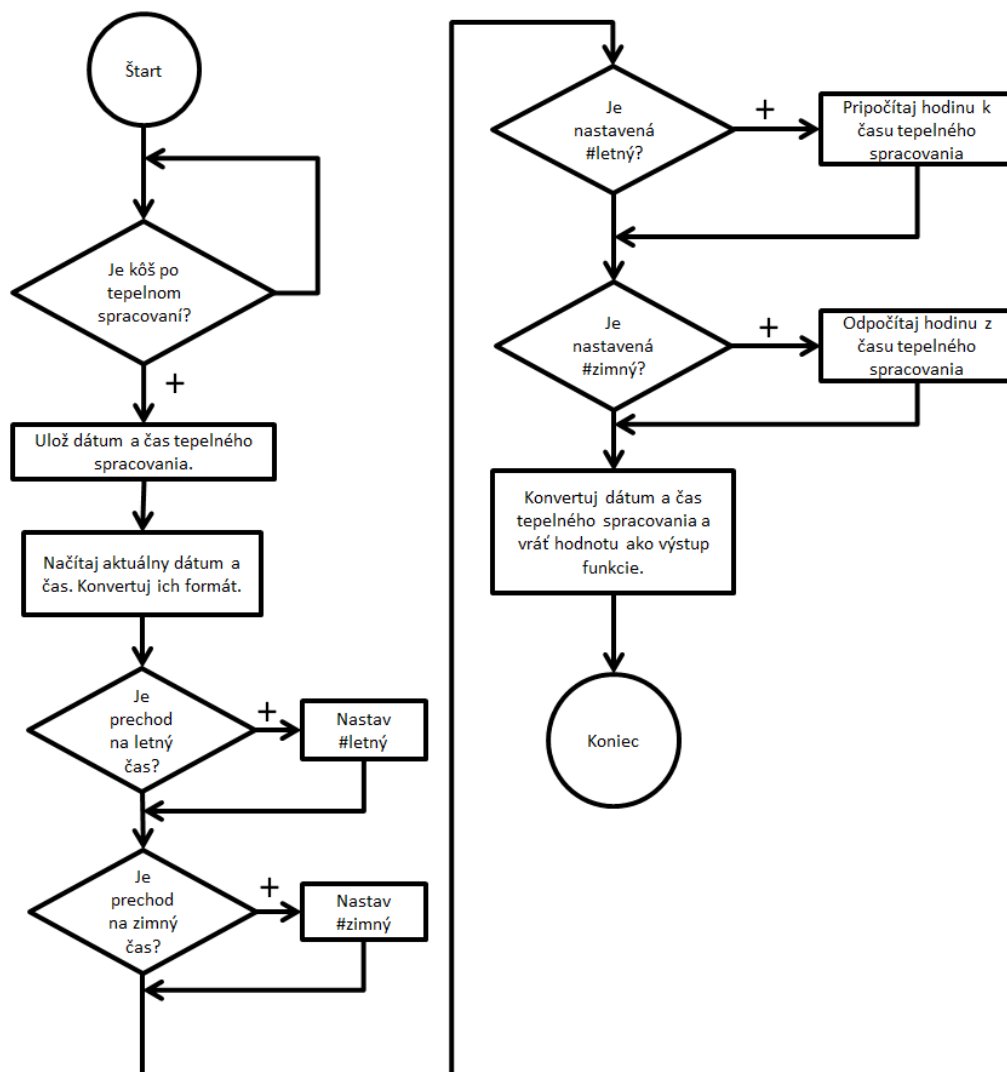
Obr. 28 Volania funkcií a DB pre čas chladnutia

Problém je vyriešený úpravou FC32, pridaním prepočtu času. Prechod zo zimného času na letný t.j. posledná nedeľa v marci sa posúva čas z druhej hodiny na tretiu, tým sa stráca hodina chladnutia. Vtedy je hodina pripočítaná. Zimný čas na letný sa mení poslednú nedeľu v októbri z tretej hodiny na druhú, tým výrobky zbytočne o hodinu dlhšie na sklade chladnú. V tomto prípade je potrebné hodinu odobrať.

Nie je prepisovaný samotný čas výstupu z pece od ktorého sa počíta chladnutie, ale ak má nastať výstup zo skladu, teda koš by mal byť vychladnutý, tak je v prípade, že nastáva problematický čas, nastavená doba chladnutia sa posunie o hodinu dopredu, alebo dozadu, tým že je k času výstupu z pece pripočítaná alebo odpočítaná hodina.

Do vstupu FC32 je pridaný aktuálny vstup času a dátumu. Najprv funkcia zistí čas tepelného spracovania najstaršieho košu. Potom prevedie aktuálne hodnoty dátumu a času do premennej vo formáte „Date and Time – DT“, aby sa s nimi lepšie pracovalo. Z premennej sú pomocou prístupu cez pointery vybrané hodnoty mesiaca, dňa, hodiny a čísla dňa v týždni (potrebná nedeľa je 1). Hodnoty sú prevedené na typ integer, aby sa dali pomocou jednoduchých funkcií porovnávať. Následne je vytvorená kontrola pomocou porovnávacích funkcií na to, či: je 3. mesiac, či je deň väčší než 24 (minimálne poradie dňa v mesiaci marci, aby išlo o poslednú nedeľu je 25), či je hodina väčšia alebo rovná 1 a menšia ako 2 je nastavená bool hodnota #letny pre prechod na letný čas. Pre prechod na zimný čas je to obdobné, mesiac sa kontroluje na 10, deň v mesiaci rovnako, tak aj deň v týždni, rozdiel je pri hodnotách času kedy sa kontroluje či je čas medzi druhou a treťou hodinou navyše je na začiatok pridaná bool hodnota #RS, ktorá je setovaná ak nastal letný čas a resetovaná ak prejde hodina od vtedy, čo sú splnené všetky podmienky, aby nenastal prechod dva razy. Ak je všetko splnené, nastaví sa hodnota # zimný. V ďalšom kroku je zisťované, či je jedna z hodnôt. Ak je nastavená #zimný, pripočíta sa hodnota 3600000 (čo je hodina v ms) k hodnote #I_HodTZ (hodina tepelného spracovania), v prípade premennej #letný je hodnota hodiny v ms odpočítaná od premennej #I_HodTZ. Premenná #DenTZ spolu s #I_HodTZ sú potom spolu prevedené do premennej

#OutTimeDay typu „Date and Time“, ktorá je návratovou hodnotou s funkcie FC32, na výstupe z nej sa prevedie do #oldcas a je s ňou ďalej pracované ako je popisované na začiatku kapitoly.



Obr. 29 Algoritmus úpravy času chladnutia FC32

5.2.3 Rozdelenie skladového priestoru

V prípade, že je prijímaný kôš zo vstupu a nie je to kôš, ktorý má rovnaké parametre tepelného spracovania ako osamotený kôš, ktorý čo je už v sklade (vtedy je uložený naň), je presunutý na prvú voľnú pozíciu s najnižším označením pozície, čo energeticky nevýhodné, pretože kôš môže byť presúvaný z najvzdialenejšej pozície na dopravník cez celý sklad. Keďže koše spracúvané v peci 5 a 6 majú zapísaný prednostný program (zapisuje ho obsluha pri zadávaní vstupujúcich paliet do systému), je ich ľahké rozoznať.

Možné návrhy riešenia boli: počítanie súradnicovej vzdialenosti v osiach x a y od každého z dopravníkov, kde by sa hľadala najbližšia voľná pozícia od dopravníka; druhá jednoduchšia alternatíva dovoľuje označenie skladu, ktoré je vzostupné zľava doprava a teda stačí použiť spätné prehľadávanie, ak má byť kôš spracúvaný prednostným programom.

FC320 „Hľadaj prvé voľné miesto“ je volaná z funkcie FC150 „VM Vstup do skladu“. Do FC320 je pridaná vstupná premenná „#odkud“ z FC150, kde je umiestnená pozícia odkiaľ z DB300, čo je blok s obsadenosťou jednotlivých pozícií skladu, pričom pozície 1 a 2 sú pozície košov na vstupe horná a dolná pozícia. Ak je 1, kontroluje sa DB300.DBB26 na nerovnosť s 0, ak je 2 kontroluje sa

rovnako DBB300.DBB66, čo sú údaje o prioritě jednotlivých košov. Ak prejde kontrola, je zapísaný výsledok true do booleovskej lokálnej premennej #priorita a spustí sa spätné vyhľadávanie voľnej pozície v sklade. A kôš je umiestnený na pozíciu s najvyšším možným poradím, čoho je dôsledok, že bude kôš presunutý bližšie k peciam 5 a 6 a teda na následný presun do týchto pecí nebude potreba jazdiť s VM zo vzdialenejších pozícií kam by bol umiestnený.

Prehľadávanie funguje nasledovne. Načíta sa hodnota adresy poslednej nepárnej pozície (spodný kôš) do pointeru #Par_Pointer, do počítadla #L_Counter sa vloží konštanta 53, čo je počet miest kam môže byť kôš umiestnený (horné sa neriešia). Potom sa v slučke kontroluje či nie je na adrese #Par_Pointer hodnota 0, čo by znamenalo voľné miesto. Ak je tak, pointer sa „vydelí“ 320, čo je dĺžka záznamu jednej pozície (40 byteov), a pripočíta sa jena (kôli číslovaniu od 0 v DB), tým sa získa pozícia. Pozícia sa vloží do návratovej hodnoty a vyskočí sa zo slučky. Ak sa hodnota na adrese pointera nerovná 0 preskočí sa na „KON“, kde sa od adresy pointera #Par_Pointer odpočíta pointer P#80.0 a späť sa uloží do pointeru #Par_Pointer, tým je posunutý o hodnotu dvoch pozícií naspäť opäť na spodný kôš.

Network 3: Spjetne prohledavani

```

L      P#5040.0
T      #Par_Pointer          #Par_Pointer
L      53

BEGN: T      #L_Counter      #L_Counter
      L      DBW [#Par_Pointer] #Par_Pointer
      L      0
      ==I
      JCN    KON

      L      #Par_Pointer    #Par_Pointer
      L      320
      /D
      L      1
      +I
      T      #RET_VAL        #RET_VAL

      L      1
      JU     END

KON:  L      #Par_Pointer    #Par_Pointer
      L      P#80.0
      -D
      T      #Par_Pointer    #Par_Pointer
      L      #L_Counter      #L_Counter
END:  LOOP  BEGN

```

Obr. 30 Spätné prehľadávanie skladu v FC32

6 ZÁVĚR

Cieľom práce bola analýza aktuálneho software linky tepelného spracovania hliníkových výkovkov firmy Alcam Strojmetal Aluminium Forging s.r.o.. Analýzu som sa snažil urobiť čo najhlbšiu s prihliadnutím na potreby následných úprav, a preto som sa zameral hlavne na správanie veľkého manipulátora, pričom som zistil, že ostatné zariadenia sú riešené veľmi podobným spôsobom a to ako vykonávanie pohybov, tak aj práca s dátami..

Manuálny režim (presun koša z miesta A do miesta B) funguje ako má. Bol testovaný na jednotlivé pohyby. Manipulátor sa presúva a nikde nebúra, tiež výmena dát funguje správne. Je však potreba funkciu zabudovať do systému vizualizácie.

Posun času bol testovaný na teoretickej úrovni, pretože reálny posun času v dobe vypracovania diplomovej práce nenastával. Daná úprava systému linky vykonávala úpravu času výstupu ochladnutých košov správne.

Rozdelenie obsádzovania skladu na dve polovice vyhovuje žiadosti na zníženie nadbytočných pohybov manipulátora. Manipulátor rozoznáva prioritné koše a následne sú ukladané do stĺpcov pri dopravníkoch IN/OUT 34 čo patrične skrakuje následný pohyb manipulátora do pecí 5 a 6.

Dôležitým výstupom mojej práce je to, že som zistil, ako funguje software linky, čo je potrebné pre správnu funkčnosť linky, viem odhadnúť miesto, ak by nastala nejaká chyba, poprípade viem, ako a kde zabudovať prípadne ďalšie funkcie.

Softvér má nedostatky hlavne v zbytočnej zložitosti spôsobenej najmä pôvodným autorom, ktorý navrhoval celkovú štruktúru a fungovanie. Jednak by sa dalo navrhnúť univerzálnejšie riadenie pohybov, kedy by nebolo treba písať pre sekvencie jednotlivých pohybov a celé pohyby samostatné funkcie rozložené do častí. Po správnom prepise priestorov skladu, dopravníkov, výstupných, vstupných miest do jedného dátového bloku so správnym a zrozumiteľným rozčlenením a popisom by po drobnejších úpravách bolo možné použiť funkciu vytvorenú v rámci diplomového projektu FC550 „manuálne z A do B“ ako východziu funkciu pre všetky pohyby veľkého manipulátora. Úprava by spočívala vo vytvorení rozhrania, ktoré by z vybraného pohybu prenieslo potrebné údaje o polohe do tejto funkcie. Ďalšie zjednodušenie by sa dalo urobiť pri funkciách, ktoré majú rovnakú funkčnosť pre rôzne zariadenia, ako sú funkcie pecí a funkcie pre servá, kde by sa upravili ako funkčné bloky, ktoré by boli volané s rôznymi vstupmi a výstupmi premennými či hodnotami pre jednotlivé zariadenia. Rovnaké riešenie by bolo možné vytvoriť aj pre pohyb malých manipulátorov.

Návrh na prepis niektorých funkcií pohybu do jazyka graph pre sekvencie, kde by vypadla nutnosť vytvárania krokov a ich obsluha, ktorá sama vyplýva z používania tohto jazyka, čím by sa zvýšila prehľadnosť na novú úroveň. Bolo by však treba zakúpiť profesionálnu verziu softvéru Simatic Step 7 a samozrejme rádovo väčšie financie by bolo treba na zaplatenie programátorov pre vytvorenie, spustenie a testovanie novo prepísaného programu, čo v aktuálnom stave, keď všetko funguje, nie je žiaduce, ale v prípade prestavby, či dopĺňovania ďalších častí linky alebo pridávania väčšieho počtu nových funkcií by išlo o realizovateľnú záležitosť a som presvedčený, že i správny krok.

Tiež by som navrhoval zjednotiť názvy, pomenovanie premenných a funkcií pre prehľadnosť, najmä pre ďalšie úpravy a vytváranie nových funkcií ešte nezainteresovanými ľuďmi, kde sa používajú dokonca aj pre rovnaké veci rôzne pomenovania. Poprípade funkcie s podobným účelom majú rôzne názvy. Premenné sú kapitola sama o sebe, dlhé nič nehovoriace názvy resp. poprípade mätúce názvy, tu by som navrhoval použiť nejaký už vytvorený štandard.

Ďalším vylepšením by bolo zmeniť pohyb manipulátora, ktorý je dosť komplikovane naprogramovaný, čo sa týka rôznosti vykonávania niekedy nadbytočne vyzerajúcich pohybov. Tu by bolo potreba presne odsledovať možnosti priestoru pre pohyb, zistiť, či sa dá pohybovať aj inak, než je to momentálne nastavené – to je vyhýbanie sa prekážkam v strope a podlahe pomocou pohybu vždy v jednej osi, napríklad pohybom po diagonálach, či oblúkoch, kombináciou terajšieho s navrhnutým a podobne.

Som presvedčený, že moja diplomová práca mi priniesla veľa užitočných znalostí z praxe v profesii programátora programovateľných automatov. Tiež sa domievam, že vykonané zmeny v software linky tepelného spracovania prinesú žiadaný prospech firme Alcam Strojmetal Aluminium Forging s.r.o.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Šmejkal, L., Martinásková, M., PLC a automatizace, Praha: BEN, 1999.
- [2] Firemní materiály o programovatelných automatech firmy Siemens pro Simatic S7-300.
- [3] Drilling contractor – Communications pyramid [online]. 9/10 2011
<http://www.drillingcontractor.org/from-islands-to-clouds-the-data-evolution-10675>
- [4] Siemens – ET200 moduly [online] 2012
<http://www.triflex.com.au/Siemens/et200%20pic1.jpg>
- [5] Profibus & Profinet international (PI) [online] <http://www.profinet.com>
- [6] Siemens – Siemens Online Fórum [online] 2013
<http://www.automation.siemens.com/forum/guests/conferences.aspx?language=en>
- [7] Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic, 2007
- [8] Hans Berger, Automating with STEP 7 in LAD and FBD, Publicis Corporate Publishing, 2008
- [9] ET 200S distributed I/O IM1 151-1 Standard interface module, Siemens [online], 2009

PŘÍLOHY

PŘÍLOHY

- [1] Elektronická verzia diplomovej práce vo formáte pdf
- [2] Plán skladového priestoru vo formáte pdf
- [3] Obrazovky vizualizácie linky tepelného spracovania hliníkových výkovkov
- [4] Návod na obsluhu linky tepelného spracovania
- [5] Fotky zariadení linky tepelného spracovania